

## DER PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LXV.

I. *Ueber das Glühen und Schmelzen von Metall-  
drähten durch Elektricität; von Peter Riefs.*(Auszug aus einer am 5. Juni 1845 in der Acad. der Wissensch.  
gelesenen Abhandlung.)

Die von den Alten erzählten auffallenden Wirkungen des Blitzes, als deren Typus der in unverletzter Scheide geschmolzene Degen genannt werden kann, haben zu einer merkwürdigen Hypothese über die Schmelzung durch den Blitz, oder durch Elektricität überhaupt geführt. Franklin stellte im Jahre 1747 <sup>1)</sup> die Ansicht auf, daß der Blitz die Cohäsion eines Metalles ohne Hülfe der Wärme löse und eine kalte Schmelzung desselben zu Wege bringe. Als indess ein durch den Blitz geschmolzter Glockendraht die Diele eines Zimmers versengt, und Kinnersley an künstlicher Elektricität die Entdeckung gemacht hatte, daß dieselbe ein Metallstück desto stärker erhitze, je kleiner der Querschnitt desselben ist, daß daher der Blitz der Spitze eines Degens die Schmelzhitze geben könne, ohne den übrigen Theil der Klinge bedeutend zu erwärmen, — da nahm Franklin seine Ansicht zurück <sup>2)</sup> und tadelte sich selbst heftig, dieselbe auf ein nicht gehörig constatirtes Factum gegründet zu haben. Offenbar ist der große Mann ungerecht gegen seine 15 Jahre früher gehegte Vorstellung gewesen; mag Senecas Erzählung der Anlaß zur Aufstellung und Fassung seiner Hypothese gewesen seyn, die Stütze derselben war nicht sie, sondern die Meinung, daß das Schmel-

1) *Experiments and observations* \* Lond. 1774. p. 52.2) *Ibidem*, p. 419.

zen durch Feuer verschieden von dem durch Elektricität sey. Es kann daher nicht befremden, daß die Vorstellung einer kalten Schmelzung etwa 40 Jahre später von Berthollet wieder aufgenommen wurde <sup>1)</sup>, der jede elektrische Einwirkung auf eine Substanz durch Auseinandertreibung der Partikel derselben erklärte und die bei der Schmelzung auftretende Wärme, die er, durch ungenügende Versuche verleitet, freilich viel zu gering anschlug, als ein secundäres Phänomen auffaßte.

Die Hypothese einer durch primäre Wirkung der Elektricität hervorgebrachten Schmelzung hat das schlimme Schicksal gehabt, theils vergessen, theils wie die Anekdoten vom Fische Karls des Zweiten, dazu benutzt zu werden, vor Hypothesen zu warnen. Einer neuen Hypothese über die elektrische Schmelzung glaubte man nicht zu bedürfen. Nachdem van Marum mit großen Mitteln eine Reihe schätzenswerther Versuche über die Wirkungen der verstärkten Elektricität angestellt hatte, begnügte man sich, diese Versuche rubricirt neben einander zu stellen. Man ging sogar einen Schritt hinter van Marum zurück. Wenn der holländische Physiker über einige der elektrischen Wirkungen seine Verwunderung ausdrückt, so deutet er damit an, daß er ein Band zwischen ihnen gesucht habe, und daß ein solches zu suchen sey. In den physikalischen Lehrbüchern aber wird ohne weitere Bemerkung ausgesagt, daß die Elektricität Hitzewirkungen äußere, und hierzu wird das Glühen, Schmelzen und Zerstäuben der Metalle gerechnet, daß sie mechanische Wirkungen hervorbringe, wobei das Zersprengen unvollkommener Leiter angeführt wird, und endlich, daß sie chemische Zersetzungen veranlasse. Eine solche Trennung der Erscheinungen ist nicht geeignet eine richtige Erkenntniß der Wirkungsart der elektrischen Entladung zu geben, ja sie konnte sogar diese Erkenntniß lange Zeit vereiteln. Sah man nämlich Glühen

1) Chemische Statik \*. Berl. 1811. Bd. 1, S. 270.

und Schmelzen durch Elektricität als eine unmittelbare Folge der erregten Wärme an, so erschien es genügend, die Gesetze der elektrischen Wärmeerregung zwischen irgend welchen Temperaturgraden zu untersuchen, die, bei der hier nothwendigen Anwendung des Luftthermometers, nicht weit von der Lufttemperatur entfernt gewählt werden konnten.

Ich habe die Wirkung steigender elektrischer Entladungen auf Drähte einer neuen Untersuchung unterworfen, und habe gefunden, dafs von einer gewissen Stärke der Entladung an die thermischen und mechanischen Erscheinungen an einem Drahte stets gleichzeitig vorhanden sind, und daher die Hypothese Franklin's einer kalten Schmelzung sich von der Wahrheit nicht weiter entfernt als die allgemein angenommene einer nur heifsen Schmelzung. Zugleich stellte sich eine Verschiedenheit der Fortpflanzungsart der Elektricität in guten Leitern heraus, die mir beachtenswerth erscheint, da sie über vielfache, bisher vereinzelt dastehende elektrische Wirkungen Aufschluß giebt. In dem folgenden Auszuge sind die Versuche ausführlicher beschrieben, von welchen die Drähte, mit Bernsteinfirnis auf Papier befestigt, aufbewahrt worden sind. Eine Abbildung dieser Probestücke schien mir nicht vollkommen genug gegeben werden zu können, um die Deutlichkeit der Beschreibung zu erhöhen.

#### Berechnung eines Schmelzpunktes aus beobachteten Erwärmungen.

Ein dünner Platindraht, in die Kugel eines Luftthermometers eingeschlossen, wurde in vier successiven Versuchsreihen von verschiedener Länge genommen, und die Erwärmung beobachtet, welche durch verschieden starke Entladungen einer elektrischen Batterie in demselben erregt wurde. Diese Erwärmungen konnten auch

nach der von mir früher aufgestellten Formel <sup>1)</sup> berechnet werden, nachdem die beiden Constanten der Formel bestimmt waren. Es ergab sich folgende genügende Uebereinstimmung der Beobachtung und Berechnung:

Länge des Drahts.	Temperatur für Einheit der Ladung	
	nach Beobachtung.	nach Formel.
141,6 Linien	0,270 C.	0,2688
91,66	0,338	0,3419
48,75	0,449	0,4461
34,75	0,495	0,4953.

Die kleinste Drahtlänge war noch zu groß, um durch eine Entladung der hier gebrauchten Batterie geschmolzt zu werden, ich verkürzte den Draht daher bis auf 15 Linien, und konnte ihn nun durch die in vier Flaschen angehäuften Elektrizitätsmenge 38, oder die in fünf Flaschen befindliche Menge 42 gänzlich schmelzen. Wird die Formel auf diese Fälle angewendet, so erhält man für die Temperatur des zerstörten Drahtes 211,8 und 207,0 Grad der hunderttheiligen Skale, Temperaturen, die nicht zum Glühen, geschweige denn zum Schmelzen des Platins hinreichen.

Diese Temperaturen konnten auch nach anderen Beobachtungen berechnet werden. Es befand sich nämlich bei allen Versuchen im Schließungsbogen der Batterie unveränderlich ein dicker Platindraht, dessen Erwärmungen beobachtet wurden, die nach der erwähnten Formel ein bestimmtes Verhältniß zu den Erwärmungen des dünnen Drahtes haben. Auch diese Berechnung giebt eine genügende Uebereinstimmung mit der Beobachtung.

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 45, S. 23.



Erwärmungen des dünnen Drahts  
nach der Erwärmung des  
dicken Drahts berechnet. beobachtet.

Länge d. Drahts.

141,6	0,2792	0,270
91,66	0,3346	0,338
48,75	0,4427	0,449
34,75	0,4906	0,495
15,0	0,6792	

Die Temperatur des dünnen Drahts bei einer Länge von 15 Linien würde hiernach bei der Einheit der Ladung 0,6792 betragen, und für die Zerstörung desselben 239,6 und 245,2 Grade ergeben. Es ist bemerkenswerth, daß diese Temperaturen keinesweges geringer sind, als die vorhin gefundenen. Wenn nämlich, wie es der Fall ist, die Beobachtungen am dicken Drahte eine größere Temperatur des dünnen Drahtes geben, als die Beobachtungen am dünnen Drahte selbst, so ist dadurch die Vermuthung widerlegt, daß der Verzögerungswerth des dünnen Drahtes mit Verkürzung desselben nicht stetig abnehme, sondern nur bis zu einer Gränze, die oberhalb von 15 Linien läge. Beiläufig ist zu merken, daß alle angegebenen Temperaturen bei der Zerstörung dieses Drahtes eher zu groß, als zu klein sind, da die Entladung mit der ganzen, in der Batterie befindlichen Elektrizitätsmenge in Rechnung gebracht ist, obgleich, wie sich später zeigen wird, ein nicht unbeträchtlicher Theil dieser Menge nach der Entladung in der Batterie zurückbleibt.

Es bedarf keiner weitläufigen Auseinandersetzung, um zu zeigen, daß eine Temperatur von 245 Graden (es ist dies die höchste, die aus einem einzelnen Versuche berechnet wurde) nicht die sey, welche das durch Elektricität geschmolzte Platin wirklich besitzt. Durch eine geringere Elektricitätsmenge, als die hier gebrauchte, schmilzt Platindraht zu kleinen glänzenden Kugeln, die oft an der Wandung einer in  $\frac{1}{4}$  Zoll Entfernung gehaltenen Glasröhre so fest anschnolzen, daß sie nur mit

Verletzung des Glases gelöst werden konnten. Aus den beigebrachten Versuchen folgt aber, daß die elektrische Schmelzung der Metalle kein secundäres Phänomen ihrer Erwärmung ist, und daß lange zuvor, ehe ein Metall durch Steigerung seiner Erwärmung schmelzen würde, es wirklich schmilzt. Wir müssen demnach in der Schmelzung eine elektrische Wirkung erkennen, die von der Erwärmung durch Elektrizität gänzlich getrennt ist, und deren Gesetze gesondert studirt werden müssen. Diese Trennung der beiden Erscheinungen, die hier indirect gefunden wurde, ergiebt sich auf sehr augenfällige directe Weise, wenn man bei dem Uebergange von der normalen Erwärmung zur Schmelzung auf den Zustand des der elektrischen Entladung ausgesetzten Drahtes sein Augenmerk richtet. Ehe die Stärke der Entladung erreicht ist, die den Draht zum Glühen bringt, treten eigenthümliche Aenderungen im Ansehen des Drahtes ein, und gleichfalls, ehe man das Schmelzen desselben erhält, erfährt er Einwirkungen, die keine Aehnlichkeit mit den der Erwärmung zugehörigen haben.

Erscheinungen, die dem Glühen vorangehen und dasselbe begleiten.

#### Erschütterung, Dampf.

Die bisher gebrauchte Batterie, aus fünf Flaschen bestehend, deren jede  $1\frac{1}{2}$  Quadratfuß belegte Fläche enthielt, ertrug die Ladungen nicht, welche zu vielen der nachfolgenden Versuche nöthig sind; ich ersetzte sie daher durch eine andere von sieben Flaschen mit 2,6 füßiger Belegung. Diese Flaschen stehen auf einer durch Glasfüße isolirten, mit Stanniol bekleideten Holzplatte von 27 Zollen Durchmesser, und tragen f-förmige, mit ihrem Innern verbundene und in Charnieren bewegliche Metallstücke, durch welche sie in beliebiger Anzahl mit einander zu verbinden sind. Die Maafsflasche, durch

welche die Ladung dieser Batterie gemessen wurde, war die frühere mit  $\frac{1}{2}$  Quadratfuß Belegung; ihre Kugeln waren, wie früher, bis auf  $\frac{1}{2}$  Linie einander genähert, nur nahm ich jetzt die zweien Explosionen entsprechende Elektrizitätsmenge zur Einheit an. Diese Einheit ist im Folgenden gleichfalls zu verstehen bei Versuchen, die mit der alten Batterie angestellt sind, in welchem Falle die Flaschenzahl mit einem Asterisk bezeichnet werden soll.

In den Schließungsbogen der Batterie wurde ein Platindraht von 34 Linien Länge und 0,0209 Lin. Radius mittelst zweier starken Federn aus Glockenmetall eingeschaltet. Bei der Entladung von steigenden Elektrizitätsmengen wurden folgende Erscheinungen an dem Drahte bemerkt:

#### Versuch 1.

Flaschen- zahl.	Elektricitäts- menge.	
4 *	5	der Draht erzittert.
	7	ein Dampfstreifen steigt von ihm auf.
	9	kein Dampf. Schwache Einbiegung im Drahte.
	11	die Einbiegung verstärkt; eine neue.
	13	der Draht glüht; er ist vielfache eingebog.
	15	derselbe weißglühend. Mit vielen Einbiegungen, so daß er straff gezogen ist.

Versuch 2. Ein anderer Platindraht von 0,0261 Radius, 16 Lin. Länge, gab folgende Erscheinungen:

Flaschen- zahl.	Elektricitäts- menge.	
4	6	Funke an der inneren Seite des Drahts (die dem Innern der Batterie zunächst liegt).
	8	Dampfstreifen am ganzen Drahte.
	9	Dampf. Funke an der äußeren Seite.

Flaschen- Elektricitäts-  
zahl. menge.

- |   |    |   |
|---|----|---|
| 4 | 10 | dasselbe.                                     |
|   | 11 | weder Funke, noch Dampf. Starke Einbiegung.   |
|   | 12 | Funke an äußerer Seite. Einbiegung verstärkt. |
|   | 13 | der Draht glüht.                              |

Versuch 3. An einem anderen bedeutend dickeren Drahte (*rad* 0,04053) wurde Folgendes bemerkt:

Flaschen- Elektricitäts-  
zahl. menge.

- |   |    |                                       |
|---|----|---------------------------------------|
| 4 | 12 |                                       |
|   | 14 | Funke an der äußeren Seite.           |
|   | 16 | Sprühfunke an der äußeren Seite.      |
|   | 18 | Einbiegung am Drahte.                 |
|   | 20 | dieselbe verstärkt.                   |
|   | 22 | mehrere Einbiegungen.                 |
|   | 24 | dieselben verstärkt.                  |
| 5 | 26 | dasselbe.                             |
|   | 27 | der Draht glüht.                      |
|   | 28 | glüht hell, viele tiefe Einbiegungen. |

Lange zuvor, ehe die zum Glühen nöthige Elektrizitätsmenge erreicht ist, zeigen sich also am Drahte Erscheinungen, die ein gewaltsames Eindringen der Elektrizität in denselben bekunden. Der Draht wird sichtbar erschüttert, es treten kleine Funken an seinen Enden auf, es werden von seiner Oberfläche Theilchen losgerissen, die sich in Gestalt eines dichten Dampfes von ihm erheben. Oft geschieht gleichzeitig mit dem Auftreten der Funken das Losreißen größerer Metalltheile, die fortgeschleudert und erglühend dem Funken ein sprühendes Ansehen geben. Diese Erscheinungen fehlen zwar niemals, aber sie sind, in Betracht ihrer Stärke, nicht constant. Die Erschütterung ist um so sichtlicher, je beweglicher der Draht ist, und die Größe der Funken an

den Enden hängt vom Materiale des Drahts und von der Form und dem Materiale der Befestigungen ab. Hier, wo der Draht in abgerundeten Klemmen aus Glockengut lag, erschienen die Funken kräftig bei Drähten aus Platin, Palladium, Neusilber, minder glänzend bei Silber und Messing; bei Kupfer sind sie nicht bemerkt worden. Das Sprühen der Funken hängt von der Sprödigkeit des Metalles und von seiner Oxydirbarkeit ab; es ist bei Silber nicht eingetreten, bei anderen Metallen nur mit kurzen Strahlen, bei dem Eisen aber in grösster Ausdehnung. Viel constanter als das Auftreten der Funken ist die Bildung der Dampf wolke, die bei keinem Metalle gefehlt hat. Die Leichtigkeit, mit der der Dampf gebildet wird, variirt zwar von einem Metalle zum andern, aber in nicht höherem Maasse, als es bei verschiedenen Drähten desselben Metalles der Fall ist. Eine gewisse Sorte Platindraht gab so reichlichen Dampf, dafs sich bei der ersten Entladung jedesmal ein Dampf streifen von der ganzen Länge des Drahtes bildete, bei anderen Sorten kamen nur einzelne abgegränzte Dampfflocken zu Stande. Zuweilen findet die Dampfbildung nur bei Einer Entladung statt und fehlt bei den folgenden Entladungen; zuweilen tritt sie auch bei aufeinanderfolgenden steigenden Entladungen ein, dann aber in abnehmender Stärke. Dieselbe wird wesentlich befördert durch eine gewisse Oberflächenbeschaffenheit des Drahtes und die gröfsere oder geringere Anzahl von Furchen, welche das Ziehheisen auf dem Drahte zurückläfst, scheint einen bedeutenden Einflufs auf sie auszuüben. Ich habe einigemal bemerkt, dafs nach sorgfältigem Poliren eines Drahtes die Dampfbildung in geringerem Maasse eintrat, als sie sonst der Drahtsorte eigen war.

#### Einbiegungen des Drahtes.

Die angeführten Erscheinungen am Drahte sind beachtenswerth, weil sie die Gewaltsamkeit zeigen, mit der

das Metall lange vor dem Glühen von der elektrischen Entladung erfasst wird, aber das Stadium ihres Auftretens und ihre Stärke sind, wie bemerkt worden, von manchen Zufälligkeiten abhängig. Ein besser gezogener, inniger befestigter Draht wird die Funken, den Dampf, vielleicht auch die Erschütterungen erst bei Anwendung einer gröfseren Elektrizitätsmenge zeigen, wie ein anderer weniger sorgfältig behandelter Draht. Es lässt sich daher aus dem Eintreten einer solchen Erscheinung im Allgemeinen nicht schliessen, dass man durch eine bestimmte Steigerung der Entladung das Glühen eines Drahtes bewerkstelligen werde. Anders ist es mit der nun zu erwähnenden bleibenden Aenderung am Drahte, die mit dem Glühen wesentlich zusammenhängt und kurz vor demselben eintritt. Es ist die winklige Einbiegung des Drahtes, die bei einer Entladung plötzlich, wie von einem kantigen Instrumente eingedrückt, erscheint. Bei der ersten Entladung erscheint diese Einbiegung nur als Unterbrechung der glänzenden Lichtlinie, die ein polirter Draht im Tageslichte zeigt; durch Wiederholung derselben Entladung oder durch Steigerung derselben vertieft sich die Biegung immer mehr und es bildet sich ein mefsbarer Winkel. Ein Platindraht (*rad* 0,021) war folgenden Entladungen ausgesetzt worden <sup>1)</sup>:

#### Versuch 4.

Flaschen- Elektricitäts-  
zahl. menge.

3	8	an der äusseren Seite des Drahts Funken, Dampf.
	9	Erschütterung, Einbiegung.
	10	letztere vertieft.
	10	dasselbe, neue Biegungen.

Man sieht an diesem Drahte, in weiter Entfernung

1) Die durch die Entladung veränderten Drähte wurden, mit Bernsteinfirnis auf Papier befestigt, hier und in der Folge in Natur vorgelegt.

von seinen Befestigungen, einen tief eingedrückten Winkel und auf der rechten Seite desselben mehrere schwache Einbiegungen. Vier andere Platin- und zwei Eisendrahte, die gleichfalls nur wenigen Entladungen ausgesetzt waren, erhielten gleichfalls tiefe Einbiegungen. Ueberall, wo die Einbiegung ungehindert stattfindet, ist sie stumpfwinklig; ich habe sie in mehreren Fällen gemessen und wenig von  $110^\circ$  verschieden gefunden. Weder die Dimensionen, noch das Material des Drahtes bringen hierin einen Unterschied hervor, wie die Winkel in einem dicken Platindrahte ( $\text{rad } 0,0405$ ), in einem Eisendrahte und in einem Kupferdrahte zeigen. Erschwert und theilweise verhindert wird die Winkelbildung, wenn der Draht in gerader Linie ausgespannt, oder in einem stark gewölbten Bogen einer bedeutenden Spannung ausgesetzt ist. Alsdann entstehen, statt der tiefen Einbiegungen, nur schwache Verdrückungen in großer Zahl, die leicht der Beobachtung entgehen; zuweilen auch reißt der Draht an der Stelle, wo sich der Winkel gebildet haben würde und der Draht nachzugeben verhindert ist. Aus gleichem Grunde ist der schon gebildete Winkel dem neu sich bildenden ein Hinderniß, und es entstehen so die mannigfachen Verzerrungen des Drahts, von welchen sogleich die Rede seyn wird. Die Einbiegungen entstehen bei der Entladung einer geringeren Elektrizitätsmenge, als die zum Glühen erforderliche; es ist zwar hier das am Tage sichtbare Glühen als Norm genommen, ich habe mich aber davon überzeugt, daß in vollkommener Finsterniß die Bildung der ersten Einbiegung mit keiner Lichterscheinung verbunden ist (die zuweilen auftretenden Funken an den Befestigungspunkten des Drahtes abgerechnet). Läßt man nach der ersten Einbiegung immer stärkere Entladungen durch den Draht hindurch, so treten stets neue Biegungen auf, die durch die vorhandenen beschränkt oder sie verzerrend, Krümmungen und Winkel in verschiedenen Ebenen hervorrufen und dem

Drähte zuletzt ein geripptes wellenförmiges Ansehen geben. Dieß wellenförmige Ansehen wird auch durch wiederholte Entladungen der Elektricitätsmenge hervorgebracht, die den Draht in's Glühen versetzt.

Alle vorgezeigten Drähte hingen beim Glühen in einem weiten Bogen; hätte man sie an dem einen Ende aufgehängt und an dem andern Ende mit einem Gewichte beschwert, so würden nicht Einbiegungen, sondern nur sehr schwache Einreibungen an ihnen bemerklich geworden seyn. Hierdurch wird der auffallende Umstand erklärlich, daß, soviel man sich auch früher mit der elektrischen Schmelzung beschäftigt hat, doch erst in neuester Zeit die Erscheinung der Einbiegungen entdeckt worden ist. Ich selbst glaube der Erste gewesen zu seyn, der (im Jahre 1837) auf die winkligen Einknickungen eines Drahts durch elektrische Entladungen aufmerksam gemacht hat <sup>1)</sup>. Zwei Jahre später <sup>2)</sup> erwähnt zwar der jüngere Becquerel die wellenförmigen Einbiegungen sehr dünner Platindrähte (er hat sie nur bei Drähten von 0,016 Linie *rad.* hervorbringen können), die einem mehrmaligen Glühen ausgesetzt worden sind, verkennt aber ihre Bedeutung gänzlich, indem er sie als eine Folge des Glühens, und von ihnen unabhängig die Verkürzung der Drähte annimmt, zu der wir jetzt übergehen.

#### Scheinbare Verkürzung von Drähten.

Nairne machte 1780 die Entdeckung <sup>3)</sup>, daß Drähte durch elektrische Entladungen, die sie glühend machen, verkürzt werden. Ein Eisendraht von 0,06 Lin. Radius und 10 Zollen Länge maß, nachdem 15 starke Entladungen einer kräftigen Batterie durch ihn hindurchge-

1) Poggendorff's Annalen \*, Bd. 40, S. 340.

2) *Annales de chimie*, 2 Sér., T. LXXI, p. 44. — Poggendorff's Annalen \*, Bd. 48, S. 549.

3) *Philosoph. transact.* f. 1780 \*, p. 334.



gangen waren, nur noch 8,9 Zoll, war also um mehr als 1 Zoll verkürzt worden. Der Draht hatte sein Gewicht unverändert behalten, aber zwischen den Spitzen eines Tasterzirkels geprüft, schien er dicker geworden zu seyn.

van Marum verkürzte einen 18 Zoll langen Eisendraht von 0,109 Lin. Radius durch eine einzige Entladung um  $\frac{1}{4}$  Zoll und nahm ohne Prüfung an <sup>1)</sup>, daß der elektrische Entladungsstrom den Draht seitwärts ausgebreitet habe, wodurch dieser nothwendig kürzer geworden sey.

Nach diesen wenigen oberflächlichen Versuchen zögerte man nicht, ganz allgemein auszusprechen, daß Metalldrähte durch Elektrizität in die Dicke ausgedehnt und dadurch verkürzt werden <sup>2)</sup>. Selbst in neuster Zeit hat der jüngere Becquerel, dem doch die Krümmungen der Drähte bekannt waren, ein Gesetz gesucht über die Verkürzung von Platindrähten nach Maafsgabe ihrer Halbmesser, und ohne Weiteres angenommen, daß die verkürzten Drähte dicker geworden sind <sup>3)</sup>. Ich habe über diesen Gegenstand neue Versuche anzustellen für nöthig gefunden.

Versuch 5. In den Federklemmen des Schließungsbogens wurde horizontal ein Platindraht von 0",02089 Radius befestigt, dessen Länge genau zu 42,66 Lin. bestimmt wurde. Die in 4\* Flaschen angehäuften Elektrizitätsmenge 5 wurde elf Mal und die Elektrizitätsmenge 7 sechs Mal durch den Draht entladen. Die Entladungen der geringeren Elektrizitätsmenge hatte keinen sichtbaren Einfluß auf den Draht, durch die der größeren erhielt er zwei tiefe Einbiegungen. Nachdem derselbe

1) Beschreibung einer großen Elektrisirmaschine, erste Fortsetzung \*. Leipzig 1788. S. 13.

2) Gehler's neues Wörterb. \*, Bd. 8, S. 541. — Biot, Lehrbuch von Fechner, Bd. 2, S. 266.

3) Poggendorff's Annalen \*, Bd. 48, S. 549.

straff gezogen worden war, fand sich seine Länge genau 42,63 Lin., also wie zu Anfange.

Versuch 6. Ein Platindraht gleicher Dicke wurde schlaff in die Klemmen gelegt, nach jeder Entladung mäßig straff gezogen und gemessen.

Flaschen- zahl.	Elektrici- tätsmenge.	Erscheinung am Draht.	Länge desselb. in Linien.
			38,16
4 •	10	Einbiegungen	38,11
	—	Funke an d. Enden, Einbiegung	37,86
	—	dasselbe	37,76
	12	der Draht glüht schwach	37,51
	—	dasselbe	37,41
	14	hellglühend	37,21
	—	dasselbe	36,86

Hier war also der Draht um 1,3 Lin. verkürzt worden; das zackige Ansehen desselben, das durch das Straffziehen nicht beseitigt werden konnte, zeigte aber, daß diese Verkürzung nur scheinbar war. Als der Draht durch die Finger gezogen war, betrug seine Länge 37,21 und nach nochmaliger Glättung 37,41. Auch jetzt noch unterschied Gesicht und Gefühl die unebene Oberfläche des Drahts, die nur durch Druck gegen einen harten Körper hätte beseitigt werden können.

Versuch 7. Ein Platindraht von 0,0286 Radius wurde zehn Mal durch Entladungen zum Glühen gebracht; vor dem Versuche betrug seine Länge 77,5, nach demselben 72,3 Linien. Die scheinbare Verkürzung um 5,2 Linien wurde größtentheils beseitigt, als der Draht einmal durch die Finger gezogen war, wonach er 75,9 Linien maß. Es ist nicht zweifelhaft, daß die noch zurückbleibende Verkürzung um 1,6 Linien durch sehr feine Einbiegungen verursacht worden ist.

Versuch 8. Endlich habe ich den Versuch noch an einem Eisendrahte von 0",0266 Radius und 98,2 Linien Länge angestellt, und zwar in der Weise, wie er von

Andern ausgeführt worden ist. Der Draht nämlich, durch ein kleines birnförmiges Gewicht ( $12\frac{1}{4}$  Grammen) beschwert, wurde vertical gehängt, die Spitze des Gewichts aber durch ein mit einer Grube versehenes Metallstück gestützt. Nachdem der Draht acht Mal durch Entladungen in mässiges Glühen versetzt war, maß er 90,7 Linien, zeigte also eine scheinbare Verkürzung von  $7\frac{1}{2}$  Linien. Durch sorgfältige wiederholte Glättung erhielt er eine Länge von 95,2 und 96,5 Linien, so daß also nur eine Verkürzung von 1,7 Lin. zurückblieb. Eine weitere Glättung, die dem Drahte unzweifelhaft seine erste Länge wieder gegeben hätte, würde die Anwendung von Feuer nöthig gemacht haben.

Die Drähte, welche zum 7. und 8. Versuche gedient haben, sind aufbewahrt worden; der Anblick derselben durch die Lupe zeigt sie mit einer großen Menge kleiner Biegungen bedeckt, welche die Verkürzung von nahe 2 Linien vollkommen erklärlich machen.

Es folgt aus diesen Versuchen, daß die bisher behauptete Verkürzung von Drähten durch Vergrößerung ihres Durchmessers, welche von starken elektrischen Entladungen bewirkt werden soll, in der Natur nicht stattfindet, und daß die scheinbare Verkürzung von Einbiegungen herrührt, die unter Umständen klein genug seyn können, um sich der oberflächlichen Betrachtung zu entziehen. Diese wenig merklichen Einbiegungen entstehen, neben anderen größeren, an stark gespannten Drähten und durch Entladungen, die den Draht in's Glühen versetzen. Schlaffhängende Drähte erhalten, wie S. 491 gezeigt worden ist, Einbiegungen durch elektrische Entladungen, die selbst in vollkommener Dunkelheit kein Glühen verursachen, und diese Entladungen wären hinreichend, jene Drähte scheinbar zu verkürzen, wenn nicht der größte Theil der Biegungen so stark wäre, daß sie von Keinem bei der Messung übersehen werden könnten.

Unter den Wirkungen des elektrischen Glühens wird

auch die Verlängerung von Drähten genannt, die durch Gewichte stark gespannt sind. Kinnersley hat dies 1761 zuerst ausgeführt, indem er eine 24 Zoll lange Klaviersaite, mit einem Pfundgewichte beschwert, aufhängte und durch eine elektrische Entladung glühend machte, wonach dieselbe über 1 Zoll verlängert war <sup>1</sup>). Beccaria hat den Versuch in complicirter Weise angestellt <sup>2</sup>). Eine Metallstange wurde auf eine Horizontalebene um einen Endpunkt drehbar gelegt, während das fein gezahnte Ende derselben auf ein mit einem Zeiger versehenes Zahnrad wirkte. Gegen die Stange drückte eine starke Feder, deren Wirkung aber durch einen an der Stange befestigten gespannten Eisendraht von 8 Zoll Länge gehemmt ward. Kam der Eisendraht durch einen elektrischen Schlag in's Glühen, so gab der Zeiger eine Bewegung der Stange in der Richtung der wirkenden Feder und daher eine Verlängerung des Eisendrahtes an, und zwar erschien die dauernde Verlängerung kleiner, als sie im Augenblicke des Glühens war. Es ist hierdurch klar, dafs hier keine primäre elektrische Wirkung, sondern eine mechanische Wirkung auf einen glühenden Draht vorliegt. Ich habe deshalb nur einen Versuch dieser Art angestellt, in welchem jedoch der Draht sogleich zerrifs, weil ich ein zu großes Gewicht oder eine zu starke elektrische Ladung angewendet hatte.

#### Gesetze des elektrischen Glühens.

##### Frühere Angaben.

Ueber die Gesetze, nach welchen das Glühen eines Drahtes durch eine elektrische Entladung eintritt, ist bisher keine Erfahrung vorhanden. Es haben sich zwar mehrere Physiker mit den Hitzewirkungen der Elektrizität

1) Franklin, *experiments and observations*, 3. ed. \*, p. 399.

2) *Elettric. artific.* Torin 1772 \*. p. 301.

tät beschäftigt, sie haben aber das Schmelzen der Metalle zum Augenmerk genommen, und sind hierbei unter einander in Widerspruch und überhaupt zu keiner klaren Einsicht der Erscheinung gekommen. Das Schmelzen eignet sich nicht zu einem festen Anhaltspunkte, da es verschiedene Stufen desselben giebt, und ihm, wie sich unten zeigen wird, eine elektrische Wirkung vorangeht, die gleichfalls die Zerstörung des Drahts herbeiführt. Die große Verschiedenheit der Angaben jener Physiker rührt theils hiervon, theils aber davon her, daß eine Frage gelöst werden sollte; die, allgemein gestellt, keine bestimmte Lösung hat.

van Marum <sup>1)</sup> lud eine Batterie von 135 und eine von 225 Flaschen zu gleichem Grade, und fand in drei Versuchen, daß die damit zu schmelzenden Längen eines Eisendrahts sich wie 3 zu 5 verhielten. Hiernach würde bei gleicher Dichtigkeit die Elektrizität ihrer Menge proportionale Drahtlängen schmelzen. Die Längen verschieden dicker Drähte, die durch eine constante Ladung geschmolzt wurden, hatten kein bestimmtes Verhältniß zu den Durchmessern der Drähte <sup>2)</sup>.

Cuthbertson bestritt die Richtigkeit der Versuche v. Marum's, und gab an, daß bei gleicher Dichtigkeit eine doppelt so große Elektrizitätsmenge die 4fache Länge, eine  $1\frac{1}{2}$  Mal so große, die 3fache Länge des Drahtes schmelze, der durch die einfache Menge schmilzt <sup>3)</sup>.

Brooke nahm an <sup>4)</sup>, daß die Wirkung der Elektrizität auf Drähte zunimmt, wie die Quadrate der angewandten Elektrizitätsmenge, so daß zwei Flaschen, zu irgend einem Grade geladen, einen vier Mal längeren Draht schmelzen, als eine zu demselben Grade geladene Flasche.

1) Beschreibung u. s. w. \*, erste Fortsetzung, S. 3.

2) Ebendasselbst, S. 9.

3) Gilbert's Annalen \*, Bd. 3, S. 13.

4) *New experiments in electricity.* — *Encyclop. metropolit. Lond.* 1830 \*. *electr. p.* 116.

Singer<sup>1)</sup> giebt das quadratische Gesetz nur bis zu einer mäßigen Drahtlänge zu, da bei längeren Drähten ein Theil der in der Batterie angesammelten Elektricität verloren gehe. Eine gegebene Elektricitätsmenge soll ferner dieselbe Drahtlänge schmelzen, sie mag in einer oder in zwei Flaschen angehäuft gewesen seyn.

Eine Discussion dieser Angaben, von welchen keine allgemein gültig seyn kann, ist darum nicht möglich, weil keine Rechenschaft über den angewandten Schließungsbogen, das heißt über den nicht geschmolzenen Theil desselben, gegeben ist. Zur Zeit, als jene Versuche angestellt wurden, herrschte die Meinung, daß die Wirkung der elektrischen Batterie allein von der Elektricitätsmenge und der Zahl und Beschaffenheit der angewandten Flaschen abhängt, eine Meinung, die, obgleich sie noch in neuester Zeit hie und da wiederholt worden, keiner besonderen Widerlegung bedarf, da sie durch jeden sorgsam angestellten Versuch mit bewegter Elektricität widerlegt wird.

Die Gesetze des Glühens lassen sich in einfachster Weise durch die Erwärmungen ausdrücken, welche ein gleichzeitig mit dem glühenden Drahte im Schließungsbogen befindlicher constanter Draht erfährt. Ich fügte deshalb bei allen folgenden Versuchen in den Schließungsbogen ein elektrisches Thermometer ein, dessen Erwärmung beobachtet wurde. Der Platindraht im Thermometer mußte von solcher Dicke gewählt werden, daß er bei der stärksten der angewandten Entladungen unversehrt blieb. Um bei den sehr verschiedenen Ladungen eine gleiche Zuverlässigkeit der Angabe zu erhalten, konnte nicht in allen Versuchen dasselbe Instrument gebraucht werden; ich benutzte die beiden Thermometer, deren Dimensionen in Poggendorff's Annalen, Bd. 43, S. 49 und Bd. 63, S. 485, angegeben sind, und versah dieselben mit verschiedenen Platindrähten, deren Radius

1) Elemente d. Elektricitätslehre. Breslau 1819. S. 116, 117.

von 0,058 bis 0,116 Lin., und deren Länge von 60 bis 97 Lin., je nach dem Bedarfe, variirte. In Versuchen, die direct mit einander verglichen werden sollten, blieb das angewandte Thermometer unverändert.

**Glühen nach der Stärke der Ladung.**

In einiger Entfernung vom Thermometer wurde ein Platindraht im Schließungsbogen angebracht, und die Kugel des Thermometers durch Schirme vor jeder äußeren Einwirkung geschützt. Eine bestimmte Zahl von Flaschen der Batterie wurde mit steigenden Elektricitätsmengen geladen, bis eine Entladung erreicht war, die den Draht in ein am Tage sichtbares Glühen versetzte, jedesmal aber die Erwärmung im Thermometer beobachtet. So wurde mit verschiedener Flaschenzahl verfahren. Die folgenden Beobachtungsreihen geben die Ladungen, die zum Glühen hinreichten, und die dabei beobachteten Erwärmungen des Thermometers.

**Versuch 9.**

Flaschenzahl. Elektricitätsmenge. Erwärmung des Thermometers.

5	12	20,9
	—	20,0
3	10	
2	8	20,3
3	10	21,6
4	11	21,8
5	12	20,2
	—	20,7

**Versuch 10. Ein neuer Platindraht ergab Folgendes:**

2	8	20,7
7	14	20,4
2	8	20,2
	—	20,7

**Versuch 11. An einem dritten Platindrahte wurde das Glühen bei folgenden Ladungen bemerkt:**

Flaschenzahl.	Elektricitätsmenge.	Erwärmung im Thermometer.
3	7,5	20,0
	7,5	20,0
7	11	20,6
3	7,5	20,4.

Es folgt hieraus, dafs das Glühen eines Drahtes eben so wie die Erwärmung desselben, abhängig ist von dem Producte der angewandten Elektricitätsmenge in die Dichtigkeit derselben. Hat man daher in einem bestimmten Schliessungsbogen die zum Glühen eines Drahtes nöthige Elektricitätsmenge und Flaschenzahl gefunden, so ist die Gröfse jenes Productes gegeben, und es läfst sich für eine beliebige Flaschenzahl die Elektricitätsmenge berechnen, die zum Glühen desselben Drahtes nöthig ist. In den Versuchen 9 und 10 ist jenes Product im Mittel = 31, wonach:

für 2 3 4 5 7 Flaschen  
die Elektricitätsm. 7,9 9,6 11 12,4 14,7 gefund. werden.  
In Versuch 11 giebt das Product 18 für 3 und 7 Flaschen die Elektricitätsmengen 7,4 und 11,2. Diesen berechneten Elektricitätsmengen schliefsen sich die beobachteten so genau an, wie es sich bei der Natur der Versuche erwarten läfst. Aber das angegebene Gesetz wird in viel genauerer Weise bestätigt durch die Beobachtungen des Thermometers, die bei allen Ladungen eine für Versuche dieser Art (wo die Empfindlichkeit des Auges und die Beleuchtung wesentlich einwirken) überraschende Constanz zeigen. Von den Erwärmungen eines constanten Drahts im Schliessungsbogen haben meine früheren Versuche gelehrt <sup>1)</sup>, dafs sie den Producten der Elektricitätsmenge in die Dichtigkeit derselben proportional sind, und wir hätten daher, auch ohne von den verschiedenen Entladungsströmen die Elektricitätsmenge und Dichtigkeit gemessen zu haben, aus den Beobachtungen des Thermometers allein, das oben ausgespro-

1) Poggendorff's Annalen \*, Bd. 40, S. 342.



chene Gesetz abgeleitet. Doch war diese zwiefache Bestimmung hier darum nicht überflüssig, weil bisher, wo die Gesetze der Erwärmung im Schließungsbogen angewandt wurden, kein Theil desselben eine bedeutende Erhitzung erfuhr.

Auch in der Folge werden die Wirkungen des Entladungsstroms mit den durch denselben erregten Erwärmungen verglichen werden; wir wollen daher, der Kürze des Ausdrucks wegen, den Strom durch seine erwärmende Kraft messen, und überall unter *Stärke des Entladungsstroms* die Gröfse der Erwärmung verstehen, die derselbe in einem constanten, im Schließungsbogen befindlichen Drahte hervorbringt.

Das Resultat dieses Paragraphs läfst sich dann so aussprechen: Kommt ein Draht im Schließungsbogen der Batterie durch die Entladung in's Glühen, so geschieht dasselbe bei allen Aenderungen der Flaschenzahl und Elektrizitätsmenge, welche die Stärke des Entladungsstromes ungeändert lassen.

#### Glühen eines Drahtes nach seiner Länge.

In dem 9. Versuche ist ein Platindraht von 26,6 Lin. Länge zum Glühen gebracht worden durch einen Entladungsstrom, dessen Stärke im Mittel 20,8 betrug, in Versuch 10 kam ein Draht gleicher Länge durch einen Strom von 20,4 in's Glühen, und in Versuch 11, wo die Länge des Drahts nur 10,7 Lin. betrug, wurde die Stärke des Stroms 20,3 gefunden. Ich nahm einen ähnlichen Draht, 49,5 Lin. lang, und fand, dafs er zuerst erglühte, wenn das Thermometer 20,8 anzeigte. In diesen, mit verschiedenen Drahtlängen angestellten Versuchen wurde also nahe dieselbe Stromstärke gefunden.

Versuch 12. Ein Platindraht, 15,7 Lin. lang, kam in's Glühen bei:

Flaschenzahl.	Elektricitätsmenge.	Stärke der Entladung.
4	12	8,3
	12	8,0
7	15	7,7.

Versuch 13. Als ein ähnlicher Draht 77,5 Lin. lang war, fand sich bei seinem Erglühen:

4	22	8,3
	22	8,0
	22	8,0

Ein Draht von 15,7 Lin. Länge glühte also durch den Strom 8,0, und bei einer Länge von 77,5 durch einen Strom gleicher Größe, obgleich im letzten Falle eine viel größere Elektricitätsmenge entladen wurde, als im ersten. Es folgt hieraus:

Die zum Glühen eines Drahtes erforderliche Stärke des Entladungsstromes ist von der Länge des Drahts unabhängig.

Nach den beiden vorigen Paragraphen läßt sich die vorher erwähnte Aufgabe (S. 497) übersehen, mit deren experimenteller Lösung (wenn wir nämlich statt der Schmelzung den geringeren elektrischen Effect, das Glühen, setzen) sich einige Physiker beschäftigt haben. Es sey  $\theta$  die Anzeige eines im constanten Theile des Schließungsbogens befindlichen Thermometers,  $\lambda$ ,  $\rho$ ,  $x$  Länge, Radius und Verzögerungskraft eines hinzugesetzten Drahtes,  $q$  die Elektricitätsmenge, und  $s$  die Flaschenzahl, die bei den Versuchen angewendet werden. Da die Anzeige des Thermometers der Temperatur des darin ausgespannten Drahtes proportional ist, so hat man, wenn  $a$  und  $b$  vom constanten Theil des Schließungsbogens abhängige Constanten bedeuten:

$$\theta = \frac{a}{1 + \frac{b\lambda'x}{\rho^2}} \cdot \frac{q^2}{s}.$$

Es komme durch diese Entladung der zugesetzte Draht, dessen Länge  $\lambda$ , in's Glühen, und es werde nach der Länge

$\lambda'$  gefragt, die durch die in  $ns$  Flaschen angehäuften Elektrizitätsmenge  $nq$  glühen werde. Die Thermometeranzeige wird dieselbe, wie vorhin, seyn müssen, man hat daher:

$$\Theta = \frac{na}{b\lambda'x} \cdot \frac{q^2}{s}$$

und hieraus:

$$\lambda' = n\lambda + (n-1) \frac{q^2}{bx}$$

Zwei Flaschen zu irgend einem Grade geladen, werden also mehr als die doppelte Länge eines Drahtes in's Glühen bringen, der bei Anwendung einer Flasche glüht, aber um wie viel mehr, ist allgemein nicht zu bestimmen. Die Länge  $\lambda'$  hängt nämlich von der Beschaffenheit des zu glühenden Drahtes und von der Gröfse der Constante  $b$  ab, die mit der Beschaffenheit des Schließungsbogens variirt. Je dünner der zu glühende Draht ist, und aus je besser leitenden Stücken der Schließungsbogen besteht, desto näher kommt das gesuchte Verhältniß dem Verhältnisse der zu dem Versuche gebrauchten Flaschen, hier also dem 2 zu 1, indess es im entgegengesetzten Falle sich von demselben weit entfernen kann. Eine genauere Angabe der zum Glühen gebrachten Längen wird die obige Formel nicht leisten, da, wie weiter unten gezeigt wird, die Wärmeformeln nicht mehr in aller Strenge gelten, wenn ein Theil des Schließungsbogens glüht.

#### Glühen von Drähten nach der Dicke derselben.

Drei Platindrähte von zunehmender Dicke wurden successiv neben dem Thermometer angebracht; ich beobachtete bei behutsamer Steigerung der Ladung das erste Glühen der Drähte und die gleichzeitige Thermometeränderung.

## Versuch 14.

Draht.	Radius in Linien.	Thermometeränderung.	Mittel.
1	0,0181	8,7	9,0
		9,0	
		9,4	
		9,0	
2	0,02089	20,0	20,2
		20,0	
		20,6	
		20,4	
3	0,0261	42,5	43,0
		41,8	
		44,8	

Das Thermometer wurde mit einem weniger empfindlichen vertauscht, und die Beobachtung an drei anderen Platindrähten angestellt.

## Versuch 15.

3	0,0261	5,6	5,8
		6,0	
		6,2	
		5,6	
4	0,02857	8,0	8,1
		8,3	
		8,0	
5	0,04053	31,3	31,0
		30,8	
		31,0	

Die Vergleichung der Thermometeränderungen mit den Radien der glühenden Drähte zeigt, daß die ersteren den Biquadraten der letzteren proportional sind. Nimmt man nämlich als Mittelzahlen 9394 Grade für das erste und 1202° für das zweite Thermometer an, bei welchen ein Platindraht von 0,1 Lin. Radius so eben glühen würde, so hat man für die Thermometeränderung  $\theta$  oder die Stärke des Entladungsstromes, der einen Draht von  $r$  Zehntellinie Radius in's Glühen bringen würde, die Gleichung:

$$\theta = \frac{9394}{1202} \} r^3$$

wonach sich folgende Zusammenstellung ergibt:

Draht.	Stärke des Entladungsstromes beim Glühen.	
	Berechnet.	Beobachtet.
1	10,0	9,0
2	17,9	20,2
3	43,9	43,0
3	5,6	5,8
4	8,0	8,1
5	32,4	31,0.

Die Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Berechnung muß genügend genannt werden, da zu den andern bedeutenden Fehlerquellen bei diesen Versuchen noch die Schwierigkeit hinzukommt, bei verschiedenen dicken Drähten über einen gleichen Grad des Glühens zu entscheiden.

Die Stärke des Entladungsstromes einer Batterie, die zum Glühen eines Drahtes erfordert wird, ist dem Biquadrate des Radius desselben proportional.

#### Glühen von Drähten verschiedener Metalle.

Die Schwierigkeit, einen bestimmten Grad des Glühens an verschiedenen Drähten zu beobachten, wird noch bedeutend erhöht, wenn die Drähte aus verschiedenem Metalle bestehen. Nicht allein daß die Farbe des Metalls, seine grössere oder geringere Oxydirbarkeit die Beobachtung unsicher machen, so tritt noch ein Umstand hinzu, von dem S. 511 die Rede seyn wird. Es ist nämlich bei einigen Metallen nicht leicht, den Draht glühend und unverletzt zu erhalten, wie es zu dem hier vorliegenden Zweck unerläßlich ist. Die Drähte, an welchen die folgenden Versuche angestellt wurden, sind ohne weitere chemische Prüfung angewandt worden. Nur ein Draht, der angeblich aus Gold bestand und ein auffallendes Resultat geliefert hatte, wurde chemisch unter-

sucht, und da er sich als sehr unrein erwies, verworfen. Jeder Draht wurde behutsam gesteigerten Entladungen ausgesetzt, und die Thermometerangabe bei dem ersten am Tage sichtbaren Glühen desselben bemerkt. Wenn der Versuch an demselben Drahte wiederholt wurde, so sind in der folgenden Tafel die Thermometerangaben dicht zusammengedrückt; Versuche an verschiedenen Drähten sind durch einen Zwischenraum getrennt. Die in die zweite Verticalreihe gestellten Temperaturangaben sind größtentheils mehrere Wochen später gefunden, als die der ersten Reihe.

Metall des Drahts.	Radius in Lin.	Thermometerangabe bei dem Glühen.	Mittel.
Vers. 16 Platin	0,03958	25,3 24,8 24,9 24,9	25,0
17 Neusilber	0,04030	25,5 25,6	25,55
18 Eisen	0,04006	19,0 19,4 19,8 19,4 19,5	19,42
19 Palladium	0,03951	26,3 26,4 26,8	26,5
20 Messing	0,02461	10,9 10,4 10,8	10,7

Die folgenden Versuche wurden mit einem empfindlicheren Thermometer angestellt.

Vers. 21 Silber	0,02641	60,0 63,5 60,0 63,4 56,3 63,5 59,6 58,5	60,6
-----------------	---------	--	------

Metall des Drahts.	Radius in Lin.	Thermometerangabe bei dem Glühen.	Mittel.
Vers. 22 Eisen	0,0266	11,1 11,4	
		10,8 11,4	
		11,3 11,8	
		11,6	
		11,3 11,4	
		11,0	
		11,1	
		11,2	11,3
23 Kupfer	0,0253	61,5 63,4	
		63,0 61,0	
		62,7 59,8	
		60,7	
		60,2	61,5
24 Platin	0,0258	10,9	
		11,4	
		11,2	11,2
		0,03879	57,0
25 Messing	0,02461	56,8	56,9
		21,2	
		22,2	
		21,2	
		21,0	21,4.

Um den Einfluss der verschiedenen Dicke der Drähte fortzuschaffen hat man nach S. 505 jede Thermometerangabe durch das Biquadrat des Halbmessers des zugehörigen Drahtes zu dividiren. Man erhält dadurch Werthe der Erwärmung eines im Schließungsbogen befindlichen Thermometers und relative Werthe der Stärke des Entladungsstromes, die zum Glühen von Drähten gleicher Dicke und verschiedenen Metalles erfordert wird.

Nach den aus den Versuchen abgeleiteten Mittelzahlen, ergibt sich die folgende Reihe der Metalle nach zunehmender Stromstärke geordnet, für welche der dem

Platin zukommende Entladungsstrom zur Einheit genommen ist.

Es glüht:	bei der Stromstärke $i$
Eisen	0,816
Neusilber	0,950
Platin	1
Palladium	1,07
Messing	2,59
Silber	4,98
Kupfer	5,95.

Mit Hülfe dieser Tafel kann man, wenn das Glühen eines Drahtes und die dabei stattfindende Thermometeranzeige beobachtet ist, die Thermometerangabe berechnen, die bei dem Glühen eines anderen Drahtes eintreten wird. Es sey Thermometerangabe, Radius, relative Stromstärke

für den ersten Draht  $\theta \quad r \quad i$   
für den zweiten Draht  $\theta' \quad r' \quad i'$ ,

so besteht die Relation:

$$\theta' = \frac{i'}{i} \left( \frac{r'}{r} \right)^4 \theta.$$

Hat man zum Beispiel im Schließungsbogen ein elektrisches Thermometer, das um 25,5 Grade sinkt, während an einer anderen Stelle des Bogens ein Neusilberdraht von  $r$  Linie Radius durch die Entladung glüht, so wird, wenn ein Kupferdraht von  $r'$  Linie Radius in's Glühen kommen soll, das Thermometer um  $\frac{5,95}{0,95} 25,5 \left( \frac{r'}{r} \right)^4$  Grade sinken müssen.

Obgleich den Zahlen der mitgetheilten Reihe, der Natur der Versuche nach, keine große Genauigkeit zugeschrieben werden kann, so ist doch ersichtlich, daß sie von der elektrischen Verzögerungskraft abhängen, und im Allgemeinen wachsen, wenn diese abnimmt. Außerdem hat die Wärmecapazität und das spezifische Gewicht auf dieselben einen Einfluss, der jedoch keines-



wegs nach den Gesetzen auftritt, die ich bei der reinen Wärmeerregung gefunden habe <sup>1)</sup>). Wäre dies nämlich der Fall, so müßte die Stromstärke in die Verzögerungskraft multiplicirt und durch das Product der Wärmecapacität in das specifische Gewicht dividirt, bei jedem Metalle nahe denselben Quotient geben, was nicht geschieht. Es sind bei dem Glühen der Metalle noch andere Eigenschaften derselben, als die genannten, von Einfluß, die nicht in Rechnung gesetzt werden können. Wahrscheinlich sind dies die Sprödigkeit und die Leichtigkeit, mit der die Metalle den Sauerstoff der Luft aufnehmen. (Die leichter oxydirbaren Metalle, wie Eisen, Messing, Kupfer, laufen vor dem Glühen mit verschiedenen Farben an.) Die Zahlen der obigen Reihe können daher nur für Constanten gelten, die empirisch bestimmt werden müssen.

#### Erscheinungen, die dem Glühen folgen.

##### Die Zerreißung.

Ein Platindraht von 0,0209 Lin. Radius und 10 Lin. Länge wurde in den Auslader eingelegt und steigenden Entladungen ausgesetzt.

##### Versuch 26.

Flaschen- zahl.	Elektricitäts- menge.
--------------------	--------------------------

4 \*

9

der Draht glüht so eben.

10

derselbe rothglühend.

11

stark weißglühend.

12

er reißt in der Mitte ab.

Ein neuer Draht von denselben Dimensionen.

4 \*

12

der Draht stark weißglühend.

12  $\frac{1}{2}$ 

ein Drahtstück  $\frac{3}{4}$ " lang bleibt in der innern (mit dem Innern der Batterie verbundenen) Klemme, der übrige Draht in drei Stücke zerrissen.

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 45, S. 23.

Versuch 27. Ein 16 Lin. langer Platindraht von 0,0261 Radius gab folgende Erscheinungen:

Flaschen- zahl.	Elektricitäts- menge.	
4	12	der Draht glüht.
	14	derselbe heftig glühend.
	15	weifsglühend.
	16	in drei hakige Stücke zerrissen.

Aehnliche Versuche gaben dieselben Resultate. Platindrähte wurden durch Entladung einer bestimmten Elektricitätsmenge glühend, bei gesteigerter Menge weifsglühend, und wurden dann von ihren Befestigungen losgerissen. Diese Zerreiſung findet häufiger in der Nähe der Befestigungen statt, als entfernt davon, die zurückbleibenden vor den Klemmen hervorragenden Drahtstücke sind gewöhnlich nur kurz, zuweilen fehlen sie ganz. Der Anblick der Enden der zerstückten Drähte lehrt, daß hier überall eine Zerreiſung, keine Zerschmelzung vorliegt, wovon unten noch andere Beweise gegeben werden.

Ich will hier beiläufig einige irrige Angaben früherer Beobachter berichtigen. Wenn man das heftige Erglügen eines Drahtes durch die Entladung beobachtet, so scheint es, als ob die Gluth an einem Ende des Drahtes anfangt, und bis zum andern Ende fortschreite. Cavallo <sup>1)</sup> giebt dieſes Fortschreiten stets vom positiven Ende des Drahts (dem der positiv geladenen Belegung der Batterie zunächst liegenden) zum negativen Ende an, und sieht darin eine Oculardemonstration der Theorie Einer elektrischen Materie. Ich wurde auf die Erscheinung aufmerksam, ehe ich jene Notiz kannte, merkte aber, bis auf Einen Fall, stets das entgegengesetzte Fortschreiten der Gluth an, nämlich von der negativ geladenen (äußeren) Belegung der Batterie zur inneren positiven. Um keinen Zweifel übrig zu lassen, daß hier eine durch Stellung des Apparates bedingte Augentäu-

1) *Treatise of electricity* \*. Lond. 1795. Vol. I, p. 311.

schung stattfindet, lud ich eine Batterie mit positiver Elektrizität, und bemerkte deutlich das von der äusseren nach der inneren Seite des Drahts fortschreitende Glühen, und ganz dasselbe, als ich die Batterie mit negativer Elektrizität geladen hatte.

van Marum will gefunden haben, dafs wenn ein Draht zum Theil zerstört wird (er nimmt überall eine Schmelzung an), stets der der positiven Belegung der Batterie zunächst liegende Theil zerstört ist, und der übrigbleibende mit der negativen Belegung in Verbindung bleibe; auch er findet dies durch die Annahme einer elektrischen Materie erklärlich. Ich habe indess bei positiver Ladung der Batterie die Drähte theils an der äusseren, theils an der inneren Seite abgerissen gefunden, so dafs gleichgültig die positive oder negative Klemme das übriggebliebene Drahtstück trug.

Aus den S. 509 mitgetheilten Versuchen folgt, dafs die zur Zerreiſung eines Platindrahtes nöthige Elektrizitätsmenge um einen bedeutenden Theil gröfser ist, als die, welche zum ersten Glühen des Drahtes hinreicht. Diese Elektrizitätsmenge mufs sogar noch etwas vermehrt werden, wenn sie gleich bei der ersten Entladung eine Zerreiſung bewirken soll. Ein Platindraht nämlich, der schon einige Stufen der Glühung durchgemacht hat, wird durch eine Entladung zerrissen, die einen neuen Draht erst in heftiges Weifsglühen versetzen würde. Ferner müssen alle Drähte, an welchen Glühversuche angestellt werden, im Schließungsbogen schlaff liegen, da straff gespannte Drähte oft durch geringe Elektrizitätsmengen vor dem Glühen zerrissen werden, wie schon oben (S. 491) bemerkt worden ist.

Auch Drähte anderer Metalle, die durch Entladung einer bestimmten Elektrizitätsmenge glühen, werden durch eine gröfsere Menge von ihren Befestigungen abgerissen:

1) Beschreibung einer grofsen Elektrisirmaschine \*. Erste Fortsetzung, S. 11.

aber der Theil, um den zu diesem Effecte die zum Glühen nöthige Elektricitätsmenge vermehrt werden muß, ist nach den Metallen verschieden. Während derselbe bei Platin und Palladium ziemlich groß gefunden wurde, ist er bei Kupfer kleiner, bei Silber und Eisen noch geringer, und bei Messing und Neusilber außerordentlich klein. Bei Drähten der beiden zuletzt genannten Metalle kommt es daher häufig vor, daß wenn an ihnen eine Elektricitätsmenge das erste unzweideutige Glühen hervorbringt, die folgende Entladung derselben Menge schon eine Zerreißung bewirkt. Selbst bei neuen Messing- und Neusilberdrähten kam es vor, daß eine Steigerung der entladenen Elektricitätsmenge um kaum  $\frac{1}{8}$  das anfangende Glühen in ein Zerreißen verwandelte.

#### Die Zersplitterung.

Setzt man Drähte einer stärkeren Entladung aus, als der zu ihrer Zerreißung nöthigen, so zersplittern sie unter Lichterscheinung in eine größere oder geringere Menge kleiner Stücke, die bis in einige Entfernung verstreut werden. An den aufgesammelten Stücken läßt sich erkennen, daß die Zerstückelung des Drahtes von einer Zerschlitzung und Zersplitterung herrührt, und daß eine Schmelzung, wo sie auftritt, nur secundär erscheint. Ich werde von meinen Versuchen hierüber vorzugsweise die herausheben, bei welchen die Drahtstücke aufbewahrt wurden, und daher noch jetzt der Prüfung vorliegen.

Versuch 28. Ein Platindraht, 0,079 Linie dick, 16 Linien lang, wurde; mit einer Glasröhre von  $7\frac{1}{2}$  Lin. Weite umgeben, im Schließungsbogen befestigt. Die Entladung der in sieben Flaschen angehäuften Elektricitätsmenge 22 brachte diesen Draht so eben in's Glühen und die Elektricitätsmenge 35 zerrifs ihn in Stücke, die in der Röhre gefunden wurden. Diese Stücke hatten an der Oberfläche deutliche Zeichen von Schmelzung und vier der größten von ihnen erschienen zu einer verschlun-

ge-

genen Figur zusammengelöthet, was darauf deutete, daß sie heiß gegen einander und gegen die Wandung der Röhre geschleudert worden waren. Aber die Enden aller Stücke waren nicht geschmolzen, die meisten erschienen schon dem ersten Anblicke scharf zugespitzt. Ein ziemlich gerades Stück wurde unter das Mikroskop gebracht, die Oberfläche desselben erschien höckerig. Eine Messung mit dem Schraubenmikrometer gab den Durchmesser in der Mitte

0,081 Linie

0,053

an dem einen Ende 0,022

0,029

Der Draht war also an diesem Stücke der Länge nach zerrissen worden. Dasselbe wurde an dem ungefähr 1 Linie langen Drahtstück gefunden, das in der inneren Klemme übrig geblieben war. Der Durchmesser desselben war an verschiedenen Stellen, von der Klemme an gegen die Spitze zu gemessen,

0,059 Linie

0,013

0,009

0,005

**Versuch 29.** Ein Platindraht von 0,042 Linie Dicke wurde durch die in 3 \* Flaschen angehäufte Elektrizitätsmenge 8 glühend und durch die Menge 12 zerrissen. Ein schleifenförmiges Stück war an einem Ende deutlich der Länge nach abgerissen. Unter dem Mikroskope fand sich der dickste Theil dieses Endes 0,043, der dünnste 0,018 Linie dick. Ein Draht gleicher Dicke, der durch die in 4 \* Flasche angehäufte Elektrizitätsmenge  $12\frac{1}{2}$  zerrissen war, lieferte ein Stück, dessen eines Ende unter dem Mikroskope ausgezackt erschien.

Wir haben hier also Beweise von Zerreißungen von Drähten in der Richtung ihrer Axe, die mit der Annahme einer theilweisen Zerschmelzung der Drähte gänzlich unvereinbar sind, wodurch van Marum das Zerfallen der

Drähte in Stücke zu erklären glaubte <sup>1)</sup>). Selbst die oberflächlichen Schmelzungen, die hier noch nebenbei auftreten, lassen sich durch behutsame Steigerung der Ladung gänzlich vermeiden. Die folgenden Versuche wurden an Drähten angestellt, die sich in der Mitte einer 7 Zoll hohen,  $5\frac{3}{4}$  Zoll weiten Glasglocke befanden.

Versuch 30. Ein Platindraht, 19 Lin. lang, *rad* 0,0258, glühte durch die Elektrizitätsmenge 12 in 5 Flaschen. Die Menge 17 zersplitterte ihn in eine Menge kleiner Stücke, die keine Spur von Schmelzung zeigten.

Versuch 31. Ein Kupferdraht, 18 Lin. lang, *rad* 0,0253, glühte durch die Elektrizitätsmenge 23 in 5 Flaschen. Bei der Menge 27 rifs er hart an der äußeren Klemme und mehrere Linien von der inneren Klemme entfernt ab, und wurde in Stücke verwandelt, die zum Theil noch die durch die früheren Entladungen hervorgebrachten Biegungen zeigten.

Versuch 32. Ein Silberdraht, 17 Lin. lang, *rad* 0,0264, glühte durch die Elektrizitätsmenge 22, durch die Menge 24 wurde er hart an der inneren Klemme abgerissen und zersplitterte, an der äußeren Klemme blieb ein ungefähr linienlanges Stück stehen.

Bei Metallen, die unter der Glühhitze schmelzen, tritt die elektrische Zerreiſung ohne Glühen ein. Ein Zinn- draht, 18 Lin. lang, wurde durch die in 5 Flaschen angehäuſte Elektrizitätsmenge 10 in kleine Stücke zerrissen. Auch der folgende Versuch giebt hiervon ein Beispiel.

Versuch 33. Ein Cadmiumdraht, 20 Linien lang, *rad* 0,0394, rifs durch die Elektrizitätsmenge 12 in 5 Flaschen, und zersplitterte durch die Menge 15 in ziemlich gerade Stücke, die keine Schmelzung zeigten.

#### Die Schmelzung.

Durch fortwährend gesteigerte Entladungen zersplittern die Drähte in immer kleinere Stücke, diese schmel-

1) Beschreibung u. s. w. \*. Erste Forts., S. 12.

zen an der Oberfläche und an den Enden, und fliessen zuletzt zu Kugeln zusammen. Ueberall werden die Drähte hart an ihren Befestigungen abgerissen, die Stücke weit fortgeschleudert. Es ist nicht schwer, das erste Stadium des Schmelzens festzuhalten und an demselben Drahte neben der Schmelzung die Zersplitterung zu zeigen. Alle folgenden Versuche wurden unter der Glasglocke angestellt, die zerstreuten Drahtstücke auf einem untergelegten Papierblatte gesammelt.

Versuch 34. Ein Platindraht von  $0,0258 \text{ rad}$  und  $19 \text{ Lin.}$  Länge wurde, bei Anwendung der Flaschenzahl  $s=5$  und Elektrizitätsmenge  $q=11$ , glühend; die Elektrizitätsmenge 20 zersplitterte und schmelzte ihn. Viele, ungefähr  $\frac{1}{2}$  Linie lange Stücke hatten Kugeln an den Enden erhalten, ausserdem fanden sich einzelne Kugeln und ungeschmolzte Drahtsplitter vor.

Versuch 35. Ein Silberdraht ( $\text{rad } 0,0261$  Länge  $20 \text{ Lin.}$ ) zersplitterte und schmolz bei  $s=6$   $q=26$ . Ausser einzelnen Kugeln wurden zum Theil verbogene und angeschmolzte Splitter gesammelt.

Versuch 36. Ein Zinndraht ( $\text{rad } 0,037$  Länge  $15''$ ) wurde durch eine Entladung bei  $s=5$   $q=8$  von seinen Befestigungen abgerissen; ein neuer Draht zersplitterte durch die Elektrizitätsmenge 15, und es blieben sichtbar geschmolzte Stücke davon zurück. Bei Anwendung einer grösseren Menge (20) tröpften Kugeln von dem Drahte ab, die unter der bekannten Feuererscheinung herumhüpfend oxydirt wurden.

Eine vollkommene Schmelzung von Drähten wurde in den folgenden Versuchen erhalten.

Versuch 37. Ein Platindraht mit dem in Versuch 34 von gleichen Dimensionen wurde durch eine Entladung mit  $s=5$   $q=22$  in viele kleine, vollkommen runde Kugeln geschmolzt.

Versuch 38. Ein Silberdraht ( $\text{rad } 0,0264$  Länge  $19 \text{ Lin.}$ ) wurde mit  $s=6$   $q=26$  zu Kugeln geschmolzt.

**Versuch 39.** Ein Kupferdraht (*rad* 0,0253 Länge 16 Lin.) glühte bei  $s=6$   $q=25$ , und wurde durch die Entladung von  $q=30$  in einen Haufen äußerst feiner Kugeln verwandelt, die zum Theil nur mit der Lupe erkannt werden konnten. Ich habe mehrere vergebliche Versuche angestellt, das Kupfer in größeren Kugeln zu erhalten.

In diesem Versuche könnte es auffallen, daß die zur vollkommenen Schmelzung nöthige Ladung nicht viel größer ist als die, durch welche das erste Glühen des Drahtes erzeugt wird. Bei den oxydirbaren Metallen wird aber die Temperatur gesteigert durch die Aufnahme des Sauerstoffs aus der Luft, und es tritt daher zu dem elektrischen Effecte noch ein chemischer hinzu. Am auffallendsten zeigt sich dies bei dem Eisen, das oft bei Entladungen schmilzt, die direct nur ein mäßiges Glühen erzeugt haben würden. Aber die Art des Schmelzens ist dann eigenthümlich, wie die folgenden Versuche zeigen.

**Versuch 40.** Ein Eisendraht von 0",0266 Radius und 17" Länge, der bei  $s=3$   $q=10$  das erste Glühen gezeigt haben würde, kam durch Entladung der Electricitätsmenge 13 in starkes Glühen. Die Gluth hörte nicht, wie sonst überall, augenblicklich auf, sondern steigerte sich bis zur Weißgluth; es tröpfelten einige Kugeln vom Drahte ab, und hüpfen unter heftigem Funkenprühen auf der Unterlage umher. Die in den Klemmen zurückgebliebenen, einige Linien langen Drahtenden schmolzen zu Kugeln, behielten aber die Lage, welche sie vor dem Versuche gehabt hatten.

Ganz anders verhält sich der Eisendraht bei stärkeren Entladungen, selbst wenn diese nicht zur vollkommenen Schmelzung hinreichen.

**Versuch 41.** Ein Eisendraht von 0,04 Lin. Radius, 16 Lin. Länge kam bei  $s=7$   $q=25$  zum Glühen. Bei  $q=30$  wurde er glühend zerrissen und zerfloß, so daß drei Kugeln, die hüpfend oxydirt wurden, und drei Stücke



gesammelt werden konnten. Die langen, in den Klemmen zurückgebliebenen Drahtenden waren um diese gewaltsam herumgebogen; an dem einen Ende schmolz eine Kugel.

Es ist bekannt, daß dünne Eisendrähte, glühend aus dem Feuer genommen, wenn sie nicht früher an der Oberfläche oxydirt waren, sich bis zum Schmelzen erhitzen, und daß schmelzendes Kupfer durch Aufnahme von Sauerstoff in einen pulverigen Zustand übergeht. Die obigen Versuche zeigen, daß bei der elektrischen Schmelzung dieser beiden Metalle die Aufnahme von Sauerstoff wesentlich mitwirkt, und wahrscheinlich findet dasselbe bei allen Metallen statt. Dafür spricht die von verschiedenen Beobachtern gefundene Thatsache, daß selbst Platin in einer evacuirten Glocke viel schwerer durch Elektrizität schmilzt als in freier Luft.

Die elektrische Schmelzung ist ein sehr complicirtes Phänomen, und eine Reihe der Metalle nach der Stärke des Entladungsstromes, die zu ihrer Schmelzung nöthig ist, aufzustellen, wird dadurch unmöglich, daß derselbe Grad des Schmelzens bei allen Metallen nicht zu erzielen ist. Silber und besonders Kupfer ist nur in feinen Kugeln, Messing und Neusilber gar nicht in Kugeln zu erhalten. Es würde also nur die Größe der geschmolzenen Stücke zum Anhaltspunkte genommen werden können, die von vielen Zufälligkeiten abhängt. Im Allgemeinen ist zu merken, daß bei allen Metallen die Schmelzung nach der Zerreißung eintritt, und diese bei den Metallen, die ungeschmolzen glühen, nach dem ersten Auftreten des am Tage sichtbaren Glühens. Für diese letzte Erscheinung sind die Gesetze oben entwickelt worden.

Rückstand der Ladung bei dem Schmelzen.

van Marum <sup>1)</sup> hat bemerkt, daß eine bestimmte Ladung der Batterie erfordert wird, um eine gegebene

1) Beschreibung u. s. w. \*. Erste Fortsetzung, S. 13.

Drahtlänge zu schmelzen, das aber nur ein Theil der angesammelten Elektrizitätsmenge zur Schmelzung verwendet wird, und ein anderer Theil in der Batterie zurückbleibt, der bedeutend gröfser als das gewöhnliche Residuum ist.

Ich habe die Gröfse dieses zurückbleibenden Theils durch folgende Versuche zu bestimmen gesucht, die mit der zu Anfange gebrauchten Batterie angestellt wurden.

Versuch 42. Ein Platindraht (rad 0,02089, Länge 15 Lin.) wurde in dem Schließungsbogen angebracht, und, wenn er zerstört war, durch einen ganz gleichen ersetzt. Es traten bei der Entladung verschiedener Elektrizitätsmengen folgende Erscheinungen ein.

Flaschen- zahl.	Elektrici- tätsmenge.
--------------------	--------------------------

5 *	12	der Draht hellglühend.
	14	verbogen, abgerissen.
	15	in drei Stücke zerrissen.
	17	zu Kugeln geschmolzt.

(Die Batterie gleich nach der Entladung isolirt.)

12 Der Draht in Stücke zerrissen.

Nach diesem vorläufigen Versuche konnte die Elektrizitätsmenge so gewählt werden, das bei dem einen Draht Glühen und Schmelzen, bei dem andern aber sogleich die Schmelzung eintrat, zu der, weil die Batterie nach Zerstörung des ersten Drahts isolirt worden war, die in der Batterie zurückgebliebene Elektrizitätsmenge mitwirkte. Um die Zeit zwischen den beiden Schmelzungen abzukürzen, wurden beide Drähte sogleich in der einen Klemme befestigt, während in die andere Klemme zuerst das Ende des ersten, dann das Ende des zweiten Drahts gebracht wurde.

Versuch 43.

Flaschen- zahl.	Elektrici- tätsmenge.
--------------------	--------------------------

5 *	13	der erste Draht hellglühend.
	17	schmilzt zu Kugeln.
	13	der zweite Draht schmilzt zu Kugeln.

Dieser Versuch wurde mit gleichem Erfolge noch zweimal angestellt.

Es war also zur vollkommenen Schmelzung dieser Drähte die Elektrizitätsmenge 17 nöthig; da nun nach der ersten Schmelzung die Hinzuführung der Menge 13 zu dieser Wirkung hinreichte, so mußte bei der ersten Schmelzung die Elektrizitätsmenge 4 oder nahe 0,23 der ganzen Ladung in der Batterie zurückgeblieben seyn. Dieser Rückstand erscheint sehr groß, selbst wenn man davon absieht, daß die Entladung durch vollkommen metallische Verbindung beider Belegungen geschah. Bei Entladung in der Hauptschlagweite, wo also der Schließungsbogen durch eine Luftschicht unterbrochen war, behielt diese Batterie, wie mich frühere Versuche gelehrt hatten <sup>1)</sup>, nur  $\frac{1}{3}$  oder 0,15 der ganzen Elektrizitätsmenge. Der bedeutend größere Rückstand in dem vorliegenden Falle zeigt demnach, daß die Continuität des Platindrahts früher gelöst war, als die vollständige Entladung in der Schlagweite zu Stande kommen konnte, diese Lösung also in außerordentlich kurzer Zeit, gleich bei den ersten Partialentladungen geschehen seyn mußte. Es ist diess ein neuer Beleg dafür, daß die elektrische Schmelzung der Metalle nicht durch allmälige Steigerung der Erhitzung geschieht, sondern daß dabei eine schneller wirkende mechanische Gewalt thätig ist.

#### Die Zerstäubung.

Die erste direct sichtbare Wirkung der elektrischen Entladung auf einen neuen Draht besteht, wie S. 488 bemerkt worden, in der Bildung einer Dampfswolke, die sich von dem Drahte erhebt. Es ist wahrscheinlich gemacht worden, daß dieser Dampf aus Metalltheilchen besteht, die von der Oberfläche des Drahts losgerissen werden, und deren Menge daher von der Beschaffenheit dieser Oberfläche abhängt. Durch Steigerung der Ladung

1) Poggendorff's Annalen \*, Bd. 53, S. 11.

über den Punkt hinaus, wo sie den Draht bei der Entladung vollkommen schmelzen würde, ist es möglich, die ganze Drahtmasse in solchen Dampf zu verwandeln. Diese Verwandlung geschieht unter glänzender Lichtentwicklung und mit einem starken Knalle.

Versuch 44. Durch einen Platindraht (*rad* 0,0209, Länge 15 Lin.), der durch eine Entladung bei  $s=5$  und  $q=13$  glühend wurde und mit  $q=17$  zu Kugeln schmolz, wurde, nachdem er mit einer Glasröhre bedeckt war, die Elektrizitätsmenge 22 entladen. Er verschwand mit glänzendem Lichte, und in der Röhre zeigte sich ein grauer abwischbarer Anflug.

Derselbe Versuch wurde in freier Luft wiederholt, wobei ein Glimmerblatt horizontal einige Linien über dem Drahte angebracht war. Der Dampf in den der Draht verwandelt war, überzog den Glimmer mit grauen und schwärzlichen Flecken, die unter dem Mikroskope bei 280facher Vergrößerung aus Metallbrocken verschiedener Größe und Gestalt zusammengesetzt erscheinen. Es fanden sich verhältnißmäßig wenige zusammengeschmolzene Stücke und Kugeln vor. Die Zertheilung des Drahtes rührte augenscheinlich von einer wirklichen Zerstäubung her, einer mechanischen Trennung des Metalles in kleine Theile. Diese Zerstäubung ist bei allen Metallen hervorzubringen, aber die dazu nöthige Stärke der Entladung steht nicht im Verhältnisse zu der, bei welcher die Metalle schmelzen. So schmilzt Zinn durch eine geringere Ladung als Cadmium, aber die Entladung, bei welcher das letzte Metall vollkommen zerstäubte, liefs den größten Theil des Zinns in geschmolzenem Zustande zurück. Die Sprödigkeit der Metalle ist auf die Zerstäubung offenbar von großem Einflusse.

Fein vertheiltes Metall, von welchem viele Theile die Schmelzbitze besitzen, befindet sich in einem sehr günstigen Zustande, Sauerstoff aus der Luft aufzunehmen und sich in Oxyd zu verwandeln. Zerstäubt daher Me-

tall durch Elektricität in freier Luft, so findet sich dasselbe größtentheils als Oxyd wieder. Zur Zeit, als die ersten sorgfältigen Versuche dieser Art angestellt wurden <sup>1)</sup>, erlaubte die Lavoisier'sche Oxydationslehre noch eine Controverse, und wir finden daher die meisten jener Versuche als Oxydationsversuche zur Lösung chemischer Fragen angewendet, die jetzt kein Interesse mehr haben. van Marum hat die Metalloxyde dadurch sichtbar gemacht, dafs er Metalldrähte in  $\frac{1}{8}$  Zoll Entfernung über Papierblättern zerstäuben liefs, wodurch letztere auf mannigfache Weise gefärbt wurden. Ich habe einige solcher Figuren dargestellt unter beschränktem Zutritte der Luft, indem die Drähte zwischen Papier gelegt und durch ein Gewicht von 1 Pfund beschwert wurden. Hier sind aufser den Färbungen durch Oxyde auch die durch reine Metalle sichtbar. Diefs ist besonders bei Kupfer und Cadmium auffallend, indem sich durch dunkelfarbige Verzweigungen metallische Adern hindurchschlingen, die sich durch Farbe und Glanz auszeichnen. Es ist übrigens sonst schon bekannt, dafs in irrespirablen Gasen und im luftverdünnten Raume die Metalle durch Elektricität regulinisch zerstäuben <sup>2)</sup>. Hiermit wird die Vorstellung gänzlich zurückgewiesen, dafs die Metalle mit Hülfe der Elektricität nur oxydirt werden und die Oxyde zerstäuben.

1) v. Marum, Beschreibung. Erste Forts. \*, S. 13. Cuthbertson, Nicholson's Journal, V, p. 136. Gilbert's Annalen \*, Bd. 11, S. 400. Singer, Elemente der Elektricitätslehre \*. Breslau 1819, S. 122.

2) Guyton-Morveau, Gilbert's Annalen \*, Bd. 32, S. 55. van Marum, Beschreibung. Erste Fortsetzung \*, S. 26.

### Mechanismus des Glühens und Schmelzens durch Elektricität.

#### Mechanismus des Schmelzens.

Die einzelnen hervorstechenden Wirkungen steigen der elektrischer Entladungen auf einen Metalldraht bilden, wenn man von der schwächsten Entladung anfängt, folgende Reihe: der Draht wird warm, er wird erschüttert, er erhält Einbiegungen, er glüht, er reißt von seinen Befestigungen ab, er zersplittert, er schmilzt, er zerstäubt. Die mechanischen und die thermischen Erscheinungen wechseln hier mit einander ab, aber häufig sind sie gleichzeitig nachweisbar. Es findet kein Glühen des Drahtes statt, ohne dafs eine Verbiegung desselben nachgewiesen werden könnte, und selten wird eine Schmelzung erhalten, bei welcher nicht Spuren der Zersplitterung vorkämen. Nur bei dem ersten Gliede der Reihe kommt die thermische Wirkung isolirt vor; soll der Vorgang bei einer der höheren Stufen abgeleitet werden, so hat man diese nicht minder wie die mechanische Wirkung in Betracht zu ziehen.

Was die Schmelzung betrifft, so lehren die vorgelegten Versuche den Vorgang bei derselben so deutlich kennen, dafs hier nur wenige Worte hinzuzufügen bleiben. Wir haben gesehen, dafs durch gesteigerte Entladungen ein Draht in Splitter zerrissen wurde, die keine Schmelzung zeigten, dafs derselbe in geschmolzte Splitter zerfiel, und dafs er endlich zu Kugeln geschmolzt wurde. Auch in diesem letzten Falle zeigt sich die Zersplitterung des Drahtes durch die Gewalt, mit der die Kugeln umhergeworfen werden. Wird eine gröfsere Metallmasse nur oberflächlich geschmolzt, so zeigt der niemals fehlende Dampf die mechanische Wirkung, die mit der Schmelzung verbunden ist; dann sind es nicht die fortgeschleuderten Metalltheilchen, welche die Schmelzung erleiden, aber sie machen die Schmelzung des übr-

gen Metalles möglich, indem sie die Oberfläche desselben auflockern und zerreißen. Ueberall wo die elektrische Schmelzung eintritt, ist eine mechanische Trennung der geschmolzenen Masse sichtbar, und jene kann daher nur als Wirkung der Hitze auf fein zertheiltes Metall gefasst werden. Wenn Feuer auf ein Metall wirkt, so erhitzt es dasselbe fortwährend als ganze zusammenhängende Masse bis zum Schmelzen, die Elektrizität hingegen erhitzt das Metall nur bis zu Temperaturen unter dem Schmelzpunkte, und schmelzt durch gleichzeitige Zersplitterung und Erhitzung. Hierin liegt der wesentliche Unterschied zwischen dem Schmelzen durch Feuer und dem durch Elektrizität, der Franklin und Berthollet zu der in der Einleitung angeführten Ansicht führte, nach welcher in der elektrischen Schmelzung die Cohäsion der Metalle direct, ohne Hülfe der Wärme, gelöst werden sollte. Aber darin verstößt jene Ansicht, dafs auf die Wärmeerregung, die jede elektrische Entladung erzeugt, lange zuvor sie eine mechanische Wirkung hervorbringt, keine Rücksicht genommen wird, da doch noch bei der letzten und feinsten Zertheilung der Metalle, der Zerstäubung, die Hitze thätig ist, wie das leichte Oxydiren der Metalle zeigt. Der Mechanismus der elektrischen Schmelzung wird von dem der gewöhnlichen Schmelzung getrennt, indem wir aussprechen:

Die Elektrizität schmelzt Metalle durch gleichzeitige Zersplitterung und Erhitzung.

#### Mechanismus des Glühens.

Auch das Glühen tritt aus dem Kreise der reinen elektrischen Wärmeerscheinungen heraus; die mechanischen Wirkungen, die ihm vorangehen, die Dampfildung, die Erschütterung und hauptsächlich die niemals fehlende Verbiegung des Drahts zeigen diefs auf directe Weise. Indirect ist es daraus zu schliessen, dafs die Steigerung der elektrischen Erwärmung durch Aenderung

des Schließungsbogens und der Ladung, deren Gesetze für niedrige Temperaturen bekannt sind, nicht zureicht die Glühtemperatur abzuleiten (S. 484, 485), und dafs, nach der Stromstärke, die zum Glühen eines Metalles hinreicht, die Stromstärke nicht zu berechnen ist, die ein anderes Metall dazu erfordert. Bei Drähten desselben Metalles, die nur in den Dimensionen verschieden sind, ist die Abhängigkeit des Glühens von der Stromstärke genau so gefunden worden, wie sie durch die früher ermittelten Gesetze der Wärmeerregung in verschiedenen Drähten bestimmt werden konnte. Gleiche Temperaturen in verschieden abgemessenen Drähten setzen dieselben Verhältnisse der Erwärmungen eines constanten Drahtes voraus, wie dieselben hier für das Glühen wirklich gefunden worden sind. Die Abweichung von dem Gange der regelrechten Erwärmungen wird aber auch hier merklich, wenn man die Thermometeränderungen in einem constanten Schließungsbogen bei veränderten Ladungen mit einander vergleicht. Es gilt nämlich in einem constanten Bogen, von dem kein Theil durch die Entladung eine mechanische Einwirkung erfährt, für die Thermometeränderung  $\theta$  bei der Entladung der Elektrizitätsmenge  $q$  aus  $s$  Flaschen die Relation  $\theta = \alpha \frac{q^2}{s}$ ,

wo  $\alpha$  für eine ganze Beobachtungsreihe so merklich constant bleibt, dafs, wie in allen meinen Wärmeuntersuchungen geschehen ist, Ein Werth von  $\alpha$  hinreicht die Reihe darzustellen. Diefs findet nicht mehr statt, wenn in dem Schließungsbogen sich ein Draht befindet, der durch die angewandten Entladungen mechanisch afficirt und in's Glühen versetzt wird. Der Werth von  $\alpha$  nimmt von der ersten mechanischen Wirkung auf den Draht bedeutend ab bis zur Erscheinung des Glühens, bleibt während der verschiedenen Stufen desselben nahe constant, und nimmt bei der Zersplitterung und Schmelzung des Drahtes wieder zu. Diefs ist in den folgenden Versuchen ersichtlich.



**Versuch 45.** Ein Platindraht, 16 Lin. lang, *rad* 0,0261, befand sich neben dem Thermometer im Schließungsbogen.

Flaschen- zahl.	Elektrici- tätsmenge.	Thermometer- anzeige.	
s.	g.	θ.	α
4	6	12,5	1,39
	8	20,7	1,29 Dampf am Drahte.
	9	23,8	1,17 dasselbe.
	10	27,2	1,09 Einbiegung.
	11	31,0	1,02 dasselbe.
	12	36,0	1,00 dasselbe.
	13	42,5	1,00 der Draht glüht.
	—	41,8	0,99 dasselbe.

**Versuch 46.** Ein Platindraht, 16 Lin. lang, *rad* 0,0396, befand sich neben einem weniger empfindlichen Thermometer.

7	10	8,0	0,56	
	12	9,3	0,45	
	14	11,8	0,42	
	16	13,5	0,37	
	20	19,8	0,35	
	22	24,9	0,36	der Draht glüht.
	24	26,7	0,33	dasselbe.
	26	31,8	0,33	dasselbe.
	28	32,6	0,29	dasselbe.
	35	45,0	0,33	der Draht schmilzt.

**Versuch 47.** Ein Platindraht, 17 Lin. lang, *rad* 0,0209. Alte Batterie.

4 *	5	7,6	1,22	
	7	14,0	1,15	
	9	20,0	0,99	Einbiegung.
	11	27,2	0,90	Draht glühend.
	13	33,3	0,80	weißglühend.
	15	41,2	0,95	schmilzt zu Kugeln.

**Versuch 48.** Ein Draht derselben Dicke, 10 Lin. lang.

Flaschen- zahl.	Elektrici- tätsmenge.	Thermometer- anzeige.	
s.	q.	Θ.	α.
4 *	5	7,8	1,24
	6	9	1,00
	7	12,8	1,04
	9	17,5	0,87
	10	20,6	0,82
	11	24	0,79
	12	27,1	0,75
	12 $\frac{1}{2}$	28	0,93

Einbiegung.

dasselbe.

Draht glüht.

dasselbe.

weifsglühend.

Draht zerrissen.

Der Werth für  $\alpha$  ist in den Fällen, wo eine Zerstörung des Drahtes eintrat, nicht nach der ganzen Elektricitätsmenge  $q$ , sondern mit  $0,77 q$ , unter Beibehaltung der ganzen Dichtigkeit, berechnet, da nahe 0,23 der angewandten Menge in der Batterie zurückblieben (S. 519).

Bezeichnet man mit  $V$  den Verzögerungswerth des dünnen Drahtes im Schließungsbogen, so ergibt sich aus früheren Untersuchungen, daß die GröÙe  $\alpha$  propor-

tional  $\frac{1}{1+bV}$ , wo  $b$  einen von dem constanten Theile

des Schließungsbogens abhängigen Werth erhält. Die in den obigen Versuchen ersichtliche Abnahme des Werthes  $\alpha$ , die bei den gebrauchten Entladungen nur durch Anwendung des dünnen Drahtes eintrat, bedingt also eine Zunahme des Verzögerungswerthes dieses Drahtes. Der Draht verzögert, wenn wir von der Entladung ausgehen, welche den ersten mechanischen Effect erzeugt, die folgenden Entladungen desto mehr, je stärker dieselben sind. Aber diese Verzögerungen halten nicht gleichen Schritt mit der Steigerung der Entladung, sie beobachten gewisse Perioden, innerhalb welcher sie sich nur wenig ändern, und diese Perioden hängen sichtlich mit den Wirkungen der Entladung zusammen. So tritt die erste bedeutende Zunahme des Verzögerungswerthes ein, wenn der Draht durch die Entladung erschüttelt wird, die andere bei den

winkligen Einbiegungen im Drahte, und wenn der Draht zuletzt schmilzt, so nimmt der Verzögerungswerth wiederum ab. Hierdurch wird die sich zuerst darbietende Vermuthung widerlegt, dafs der Verzögerungswerth eines Drahtes von der Temperatur abhänge, die der Draht durch eine Entladung erfährt (wobei man sich die Entladung in die verschiedenen Pulse zerlegt denkt, aus denen sie besteht).

Der Verzögerungswerth eines Drahtes hängt allein von der Art ab, in welcher eine Entladung in demselben fortschreitet; die Veränderlichkeit desselben bis zu einem gewissen Punkte, und die nachherige fortwährende Aenderung desselben bis zur Zerstörung des Drahtes zeigen daher, dafs in jedem Drahte schwache Entladungen in anderer Weise, wie starke, fortgepflanzt werden. Ich werde die Natur dieser verschiedenen Fortpflanzung in dem Folgenden hypothetisch zu entwickeln und, da die Fortpflanzung der stärkeren Entladungen die in dieser Abhandlung betrachteten mechanischen und Hitze-Wirkungen bedingt, damit zugleich den Grund dieser Wirkungen anzugeben suchen. Ueber den Mechanismus des Glühens hat sich hier herausgestellt:

Das Glühen eines Drahtes geschieht durch eine Fortpflanzung der elektrischen Entladung in demselben, die von der gänzlich verschieden ist, durch welche der Draht nur erwärmt wird.

#### Verschiedenartige Fortpflanzung der elektrischen Entladung.

##### Verschiedene Fortpflanzung in Metalldrähten.

Welche Ansicht auch man über das Wesen der Electricität und das der elektrischen Leitung hege, so ist man anzunehmen genöthigt, dafs in den Metallen der elektrische Zustand einer Partikel sich successiv allen übrigen Partikeln mittheilt. Ist daher ein Metallstück an einer

Stelle elektrisirt, so kann es nur dadurch in den unelektrischen Zustand zurücktreten, daß jedes Theilchen desselben elektrisch und alsdann unelektrisch wird. In einigen Fällen lassen sich in jedem Theile des Metallstücks zwei Punkte angeben, die in der Zeit nach einander diese beiden Zustände annehmen, alsdann nennt man die gerade Linie, welche diese Punkte verbindet, den Weg der Fortpflanzung der Elektrizität. Eine Batterie, die durch einen homogenen cylindrischen Draht entladen wird, liefert einen solchen Fall. Die Entladung tritt dadurch ein, daß der Draht, der beide Belegungen verbindet, in einer großen Zahl von Pulsen hinter einander elektrisch und unelektrisch wird, und in einem jeden Stücke des Drahtes muß das der inneren Belegung zunächst liegende Ende durch die Elektrizität dieser Belegung früher elektrisch werden, als das entfernter liegende, alle Theilchen aber, die in einem normalen Querschnitte des Drahtes liegen, werden gleichzeitig elektrisch und gleichzeitig unelektrisch seyn. Die Entladung der elektrischen Batterie muß hier nach herbeigeführt gedacht werden durch das Fortschreiten eines bestimmten elektrischen Zustandes von einem Querschnitte des homogenen Verbindungsdrahtes zu dem unmittelbar nächst folgenden, und zwar muß dieses Fortschreiten gleichmäßig geschehen, so daß in jedem Theile des Drahtes in gleicher Zeit gleich viele Querschnitte elektrisch geworden sind. Die Gesetze der elektrischen Erwärmung unterstützen diese Vorstellung auf unverkennbare Weise. Wir wollen die in der beschriebenen Art stattfindende Entladung der Batterie die stetige oder *continuirliche* Entladung nennen. Man nehme aber an, daß an einer Partikel des Schließungsdrahtes der elektrische Zustand auf irgend eine Weise gehindert werde, sich den nächstliegenden Partikeln mitzutheilen, so wird die *continuirliche* Entladung nicht mehr von Statten gehen können. Jene Partikel wird bei weitem stärker elektrisch werden, als bei der *continuirlichen* Entladung, ihre Elek-

Elektricität wird so lange an Stärke zunehmen, bis sie im Stande ist, das ihr entgegenstehende Hinderniß zu durchbrechen, und sich so mit der Elektricität einer andern Partikel in's Gleichgewicht zu setzen. Die sich elektrisch ausgleichenden Partikel liegen dann nicht, wie früher, einander unendlich nahe, sondern haben eine meßbare Entfernung von einander. Hierdurch entsteht eine von der vorher betrachteten, völlig verschiedene Entladungsweise. Es ist nicht mehr unbedingt nöthig, daß alle Partikel eines normalen Querschnitts des Drahts sich in demselben Augenblicke in gleichem elektrischen Zustande befinden, der Weg der Entladung wird also nicht nothwendig in der Axe des Drahtes liegen, sondern kann irgend einen Winkel mit derselben bilden. Da ferner eine Zeit verstreicht, ehe die erste Partikel hinlänglich stark elektrisch ist, während derselben aber die Fortschreitung der Entladung gehemmt ist, so wird nicht mehr die Entladung in gleichen Zeiten durch gleich lange Drahtstrecken sich fortpflanzen. Es kann, während in einigen Theilen des Drahts diese stoßweise Fortpflanzung der Entladung stattfindet, in anderen Theilen die continuirliche Fortpflanzung fort dauern; die Entladung der Batterie wird dabei aber nicht mehr auf stetige Weise vollendet werden, so daß sie als intermittirende oder *discontinuirliche* Entladung bezeichnet werden muß. Die Effecte, welche die discontinuirliche Entladung auf den Schließdraht ausübt, können aus bekannten Versuchen hergeleitet werden, in welchen diese Art der Entladung durch discontinuirliche Schließung der Batterie künstlich herbeigeführt wurde. Es kommen Licht-, Schmelz- und mechanische Erscheinungen vor. Eine Gliederkette, durch welche die Entladung geschah, wurde leuchtend, Metallstaub wurde von ihr losgerissen, die Glieder wurden verschoben, einige von ihnen angeschmolzt. Eine Linie von Metallkörnern wurde durch die Entladung zerrissen, die

Körner wurden zerstreut und oberflächlich geschmolzt <sup>1</sup>). Eine mässige Ladung der Batterie durch einen schmalen Stanniolstreifen entladen, bringt in diesem keine sichtliche Veränderung hervor. Klebt man aber den Streifen auf eine Glasplatte, schneidet ihn an mehreren Stellen durch und lüftet die Enden jedes Stücks, so werden durch jene Entladung die einzelnen Enden in die Höhe und zurückgebogen, so daß die Stücke die Gestalt von liegenden c ( ∞ ) erhalten <sup>2</sup>).

Die künstlich herbeigeführte discontinuirliche Entladung bringt also die Wirkungen hervor, die oben an Drähten bemerkt worden sind, durch welche Entladungen, die eine gewisse Stärke überschreiten, geschickt wurden. Auch das Leuchten, das jede künstlich intermittirende Entladung begleitet, kommt, wenn auch selten, bei Entladungen durch dünne Metalldrähte vor. van Marum führt einen Fall an <sup>3</sup>), wo ein Eisendraht durch eine Entladung, die ihn glühend machte, zugleich mit einem glänzenden Lichte umgeben wurde, das ungefähr einen Zoll im Durchmesser zu haben schien. Hier mußte die Entladung von den Punkten, an welchen sie intermittirte, zum Theil durch die Masse des Metalles, zum Theil über die Oberfläche desselben sich weiter verbreitet haben. Aber nicht allein die auffallenden äußeren Erscheinungen am Drahte nöthigen uns, in demselben eine natürlich bedingte discontinuirliche Entladung anzunehmen, auch die versteckteren Vorgänge in demselben finden bei solcher Annahme eine leichte Erklärung. Es ist gezeigt worden, daß von der ersten mechanischen Wirkung auf den Draht an, der Verzögerungswerth des

1) Priestley, Geschichte der Elektricität; deutsch von Krünitz\*, S. 440 ff.

2) Henry in *Transact. of the americ. philosoph. soc.*; Vol. VI. — Poggendorff's Annalen, Ergänzungsband 1842 \*, S. 309.

3) Beschreibung einer Elektrisirmaschine \*, zweite Fortsetzung, S. 48.

selben bedeutend zunimmt; da die Entladung von hier an intermittirt, so muß sie zur Fortpflanzung durch den Draht eine grössere Zeit als früher gebrauchen. Die Stellen der Intermittenz der Entladung werden durch die Verbiegungen angezeigt, je mehr derselben eintreten, desto grösser wird der Verzögerungswerth des Drahtes werden. Aber zugleich wird derselbe kleiner durch das Ueberspringen der Entladung von einer Stelle zur andern, das in der kurzen Strecke die Entladung schneller fortführt, als es bei der continuirlichen Entladung der Fall war; daher die Perioden, innerhalb welcher der Verzögerungswerth nahe constant bleibt, und daher seine Abnahme bei der Zersplitterung und Schmelzung des Drahtes. Diese Compensation zweier entgegengesetzten Wirkungen auf die Entladung wird erläutert durch einen Fall, den ich bei früherer Gelegenheit bekannt gemacht habe <sup>1)</sup>. In dem Schliessungsdrahte der Batterie war neben einem Luftthermometer eine Unterbrechung angebracht, in der zwei kleine Messingscheiben einander parallel gegenüberstanden. Die Scheiben wurden zuerst  $\frac{1}{10}$  und dann eine ganze Linie von einander entfernt; gleiche Ladungen brachten bei der letzten Stellung der Scheiben grösstentheils keine geringeren, ja sogar grössere Erwärmungen im Thermometer hervor, als bei der ersten Stellung. Obgleich bei den entfernteren Scheiben die Entladung mit geringerer Elektrizitätsmenge geschah, als bei den näheren, so glich die vollkommnere Condensation der Elektrizität an den Rändern der Scheiben diesen der Erwärmung nachtheiligen Effect vollkommen aus.

Nach dem Angeführten dürfte die discontinuirliche Entladung grosser Elektrizitätsmengen durch continuirliche Drähte nicht mehr bezweifelt werden. Das theilweise Schmelzen der Drähte, das so gewöhnliche Zerschlitzen derselben in der Richtung der Axe, und die merkwürdigen Verbiegungen, die vor dem Glühen ein-

1) Poggendorff's Annalen \*, Bd. 43, S. 78.

treten, sind außerdem augenfällige Beweise für diese Entladungsweise, während andererseits bei geringeren Entladungen die in jedem gleichen Querschnitte eines Drahtes gleiche Wärmeerregung die continuirliche Fortpflanzung der Entladung unwiderleglich bezeugt. Zum richtigen Verständnisse der Wirkung einer elektrischen Entladung auf einen Draht muß daher der Satz gemerkt werden:

Durch jeden Draht werden elektrische Entladungen bis zu einer gewissen Stärke *continuירlich* fortgepflanzt; dabei wird der Draht erwärmt und magnetisch; stärkere Entladungen pflanzen sich durch denselben nur *discontinuירlich* fort, und in Folge davon entsteht die Verbiegung, das Glühen, Zerreißen, Schmelzen und Zerstäuben des Drahtes.

#### Verschiedene Fortpflanzung der Entladung in Flüssigkeiten.

Die verschiedenartige Fortpflanzung der elektrischen Entladung in einem und demselben Medium kommt nicht bei den Metallen allein vor, sie findet sich bei allen Körpern, und giebt sich in den unvollkommenen Elektricitätsleitern auf so schlagende Weise zu erkennen, daß sie nicht übersehen werden konnte. Faraday nimmt in der Luft vier verschiedene Entladungsweisen der Elektricität an, die er nach den sie begleitenden Lichterscheinungen und mechanischen Effecten unterscheidet, und mit den Namen: durchbrechende, glimmende, dunkle und fortführende Entladung belegt <sup>1)</sup>. Diese Entladungen gehören aber wesentlich zu der discontinuירlichen Entladung, während der, von Coulomb nach seinen Gesetzen erkannte, allmähliche Uebergang der Elektricität in Luft als die continuירliche Entladung eines elektrisirten Körpers

1) *Experimental researches in electr. \**. Lond. 1839. — Poggendorff's Annalen, Bd. 47 und 48, *disruptive discharge*, N. 1359, glow d. 1526, dark d. 1544, carrying d. 1562.



durch die Luftmasse aufzufassen ist. Nicht weniger deutlich erscheint die verschiedene Fortpflanzung der Entladung in Flüssigkeiten. Durch eine Röhre, die mit Wasser, Alkohol oder einer Salzlösung gefüllt ist, kann eine Batterie geräuschlos vollständig entladen werden, während bei geringer Verstärkung der Entladung ein Funke in der Röhre erscheint und dieselbe gewaltsam zertrümmert. Flüssigkeiten werden durch geräuschlose Entladungen in Bestandtheile zersetzt, die einzeln an bestimmten, beliebig von einander entfernten Stellen, auftreten, während die explosive Entladung die Bestandtheile vermengt an jeder Stelle der durchbrochenen Flüssigkeit liefert. Obgleich diese Effecte zweier an Gröfse nur wenig verschiedenen Elektricitätsmengen die verschiedene Fortpflanzungsart hinlänglich darthun, so habe ich sie auch durch Beobachtungen an einem Thermometer aufgezeigt, das gleichzeitig mit einem unvollkommenen Leiter sich im Schließungsbogen befand. Ein feuchtes Holzstück von  $1\frac{1}{2}$  Linie Dicke wurde zwischen zwei, im Schließungsbogen befindliche Spitzen geklemmt, oder ein feuchtes Kartenblatt zur Verbindung zweier, 10 Linien von einander entfernten Spitzen gebraucht; die Entladungen der Batterie gingen bis zu einer gewissen Stärke ohne Geräusch hindurch, und im Thermometer zeigte sich nicht die geringste Erwärmung. Aber es trat ein Punkt ein, an welchem die Entladung, auch nur um ein Geringes verstärkt, die Zwischenlage leuchtend und mit starkem Schalle durchbrach, und im Thermometer eine bedeutende Wärme erregte. Bei diesen Versuchen wurde indefs die Batterie nur in dem letzten Falle vollständig entladen, während bei den früheren Ladungen ein nicht unbeträchtlicher Theil der angewandten Elektricitätsmenge in derselben zurückblieb. Ich führe deshalb nur die folgenden Versuche genauer an, wo in allen Fällen eine vollständige Entladung der Batterie stattfand.

Versuch 49. In einer Unterbrechung des Schließungs-

bogens wurden zwei senkrechte, in einen Winkel gebogene Platindrähte von 0,224 Linie Dicke angebracht, und die Spitzen derselben,  $\frac{1}{3}$  Linie von einander entfernt, in ein Gefäß mit destillirtem Wasser gestellt. Ein an einer anderen Stelle der Schließung befindliches Thermometer gab bei verschiedenen Entladungen die folgenden Erwärmungen an.

Flaschenzahl. Elektricitätsmenge. Erwärm, im Thermometer.

4 *	5	0	
	$5\frac{1}{2}$	0	
	6	0	
	$6\frac{1}{2}$	27,5	
	7	35,0	32
3 *	4	0	
	$4\frac{1}{2}$	0	
	5	19,0	22,4
	$5\frac{1}{2}$	32,3	27,5

Da die Erwärmung im Thermometer von der Art abhängt, in der sich die Entladung durch das Wasser fortpflanzt, so zeigen die Thermometerangaben hier eine zwiefache Fortpflanzungsart an. Würde nämlich in dem ersten Beispiele sich die Elektricitätsmenge 6 durch das Wasser eben so fortgepflanzt haben, wie es die Menge  $6\frac{1}{2}$  that, so hätte im Thermometer eine Erwärmung von 23 Lin. stattfinden müssen; im zweiten Beispiele würde die Menge  $4\frac{1}{2}$  bei gleicher Fortpflanzung, welche die Menge 5 besafs, eine Erwärmung von 15,5 Lin. hervorgebracht haben. Statt beider Erwärmungen gab die Beobachtung keine wahrnehmbare Gröfse an. Die discontinuirliche Entladung zeigte sich auferdem noch durch einen, mit dumpfem Geräusche begleiteten Funken im Wasser und durch das Umherspritzen des letzteren. Stellt man die Versuche mit einer gröfseren Entfernung der Platinspitzen und dadurch bedingten gröfseren Elektricitäts-

menge an, so erfolgt häufig die Zerschmetterung des Gefäßes, in dem sich das Wasser befindet.

Lage der Intermittenzstellen an Drähten.

Die von einander etwas verschiedenen Erwärmungen bei denselben Entladungen im 49. Versuche können nicht auffallen, da bei dem Durchbrechen einer flüssigen Masse die discontinuirliche Entladung begreiflich nicht immer denselben Weg zu nehmen gezwungen ist. Diefs gilt in gleicher Ausdehnung für feste Körper, und namentlich für die Metalle, wenn sie durchbrochen und zersplittert werden. Wo die Entladung hingegen den Zusammenhang der Metalle noch nicht zu lösen vermag, findet sie in regelmässigerer Weise statt, und ergreift die Normalschnitte des Drahtes stets gleichzeitig, wie die Constanz der bei dem Glühen von Drähten beobachteten Thermometeränderungen und die Abhängigkeit derselben von dem Halbmesser der Drähte deutlich zeigen. Hierbei kann nach der Lage der Intermittenzstellen gefragt werden. Eine Entladung von gewisser Stärke kann sich durch einen bestimmten Draht nicht mehr continuirlich fortpflanzen, sie wird einmal oder öfter intermittiren müssen. Die Stellen, an welchen diese Intermittenz eintritt, und die hypothetisch durch die Einbiegungen angezeigt werden, scheinen gleichgültig zu seyn, und nur durch zufällige Ungleichheiten in dem Gefüge des Drahtes bestimmt zu werden. Wendet man nämlich zu den Glühversuchen einen Draht an, der an einer Stelle einen Druck erlitten hat, so wird trotz der sorgfältigsten Glättung desselben die erste Einbiegung an jener Stelle eintreten. Es läßt sich leicht eine starke Einbiegung durch die Entladung an einer vorher bestimmten Stelle eines Drahtes hervorbringen; ich habe häufig einen Draht an einer Stelle mit dem Fingernagel leicht eingedrückt, und jedesmal bemerkt, daß die erste Verbiegung durch die Entladung an diesem Merkmale stattfand, indess alle übrigen Er-

scheinungen im Schließungsbogen nicht im geringsten geändert wurden.

#### Der elektrische Funke.

Die vorliegende Untersuchung steht zu der häufig angeregten Frage über die Natur des elektrischen Lichtes in Beziehung, die ich zum Schluss mit einigen Worten angeben will. Lässt man eine hinreichend starke Ladung durch einen guten Leiter und durch eine unvollkommen leitende Flüssigkeit oder Luftart hindurchgehen, so intermittirt sie in dem zweiten Medium und bringt daselbst eine Lichterscheinung hervor, den elektrischen Funken oder eine Modification desselben. Ueber die Natur dieses Funkens sind zwei wesentlich verschiedene Meinungen aufgestellt worden. Nach der ersten Ansicht wird das durchbrochene Medium selbst, in den gewöhnlichen Fällen die Luft, leuchtend durch primäre oder secundäre Wirkung der Elektrizität. Diese Ansicht findet in den oben angeführten Versuchen eine Analogie, da gezeigt worden ist, dass ein Metalldraht durch die intermittirende Entladung glühend wird, in der Masse desselben also eine Lichterscheinung zu Stande kommt. Nach der zweiten Meinung besteht der Funke nicht aus leuchtenden Theilen des Mediums, das er durchbricht, sondern aus glühenden Theilen des guten Leiters, der dasselbe begrenzt, in den gewöhnlichen Fällen also aus glühenden Metalltheilen. Auch dieser Ansicht widerstreiten die obigen Versuche nicht. Es lässt sich nämlich leicht zeigen, dass die discontinuirliche Entladung nicht allein in dem unvollkommenen Leiter stattfindet, sondern in geringer Tiefe des guten Leiters beginnt. Wenn man einen Funken aus einem Metallconductor zieht, so wird die intermittirende Entladung in dem Finger durch die stechende Empfindung, in dem Metalle durch den Oxydationsfleck angezeigt, der, bei häufiger Wiederholung des Versuchs, an der Oberfläche des Metalles entsteht. Die Entladung

einer Batterie bringt schon bei dem ersten Versuche an den Kugeln, zwischen welchen der Funke übergeht, Oxydation und Schmelzung hervor. Die discontinuirliche Entladung hat aber, wie wir gesehen haben, auch die Wirkung, Theilchen von Metallen loszureißen und zu glühen, und bei Anwendung von Metallstücken ist die Anwesenheit von Metalltheilchen in dem Funken leicht begreiflich. Damit wird aber keinesweges die Nothwendigkeit solcher Theilchen in jedem elektrischen Funken bewiesen, und die darauf gegründete Ansicht über die Natur des Funkens, obgleich in neuerer Zeit von mehreren Seiten unterstützt, bietet so viele Schwierigkeiten, daß zu ihrer Feststellung eine umfassendere Untersuchung nöthig erscheint, als man derselben bisher gegönnt hat.

## II. *Ueber die Magnetisirung von Stahlnadeln durch den elektrischen Funken und den Nebenstrom desselben; von Dr. Hankel.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus einem Programm der Realschule zu Halle.)

Im 34. Bande der *Annales de chimie et de physique* <sup>1)</sup> für das Jahr 1827 hat Savary eine, wegen der darin beobachteten Erscheinungen, höchst merkwürdige Abhandlung über die Magnetisirung von Stahlnadeln, besonders durch den elektrischen Funken, bekannt gemacht. Als er nämlich dünne gehärtete Nadeln in verschiedenen Entfernungen von einem Drahte und in senkrechter Richtung auf denselben befestigte, und durch diesen Draht die Entladung einer Batterie von 22 Quadratfuß Oberfläche, die jedoch nicht bis zur Sättigung geladen war, schlagen liefs, so zeigten sich die Nadeln, je nach der

1) Auch in Poggendorff's Ann., Bd. 9, S. 443, und Bd. 10, S. 73.

Entfernung, in sehr verschiedenem Sinne magnetisch. Savary hat mehrere Reihen von Beobachtungen, in denen er einzelne Theile des Apparates abänderte, um ihren Einfluss kennen zu lernen, angestellt, und im Allgemeinen immer dieselben Erscheinungen wahrgenommen. Es möge derjenige Versuch, welcher S. 15 der erwähnten Abhandlung steht, hier Platz finden, weil er unter den ausführlich mitgetheilten die meisten Umkehrungen in der Polarität zeigt. Die Länge des dabei angewandten Leitungsdrahtes von Platin betrug 1 Meter, die Dicke desselben  $\frac{1}{4}$  Millimeter. Die erste Reihe der folgenden Tabelle enthält die Zahl der Nadeln, die zweite den Abstand <sup>1)</sup> vom Leitungsdraht, ausgedrückt in Millimetern, die dritte die Zeit, welche die Nadel zu 60 Schwingungen gebrauchte, und die vierte die Lage der elektrischen Pole. Die Magnetisirung ist als positiv bezeichnet, wenn die Pole in der Nadel dieselbe Lage haben, welche eine schon vorher magnetisirte bewegliche Nadel annimmt, wenn dieselbe an der Stelle der ersten Nadel dem Einfluss eines mit dem elektrischen Funken gleichgerichteten elektrischen Stromes unterworfen wird; die umgekehrte Lage der Pole ist die negative genannt. Die Nadeln waren sehr stark gehärtet (*trempées roides*), hatten  $\frac{1}{4}$  Millimeter im Durchmesser und 15 Millimeter Länge.

- 1) Die Nadeln waren neben einander auf einem Lineal befestigt, welches an der einen Seite mit der ersten Nadel den Leitungsdraht berührte, und indem es nur sehr wenig gegen denselben geneigt war, die Entfernung der übrigen Nadeln nur sehr allmählig zunehmen liefs.

Nadeln von 15 Millimet. Länge.	Entfernung derselben während der Entladung vom Drahte.	Dauer von 60 Schwingungen.	Lage der Pole.
	mm		
1	0,0; in Berührung	1' 3",1	positiv
2	1,1 mit dem	2 29,0	negativ
3	2,0 Drahte.	ohne merklichen Magnetismus	
4	3,0	1' 25",6	positiv
5	4,3	1 5,6	positiv
6	5,5	1 3,0	positiv
7	6,7	1 13,6	positiv
8	8,0	1 32,2	positiv
9	8,6	3 8,0	sehr schw. neg.
10	9,6	1 34,8	negativ
11	10,5	1 17,2	negativ
12	12,3	1 1,2	negativ
13	13,5	56,4	negativ
14	14,6	55,0	negativ
15	15,7	59,4	negativ
16	16,9	1 3,0	negativ
17	18,2	1 5,0	negativ
18	19,1	1 16,8	negativ
19	20,0	1 34,2	negativ
20	20,9	2 29,0	negativ
21	21,4	fast Null, ein wenig negativ	
22	23,3	1' 23",7	positiv
23	32,7	41,4	positiv
24	44,0	34,0	positiv
25	70,0	43,2	positiv
26	100,0	1 2,2	positiv
27	130,0	1 28,2	positiv

In dieser Reihe finden sich vier Wechsel der Verteilung des Magnetismus, der erste bei weniger als 1 Millim., der zweite bei ungefähr 2 Millim., der dritte bei 8,4 Millim. und der vierte bei 21,5 Millim. Bei Anwendung von Nadeln, welche nur 10 Millim. Länge, aber dieselbe Dicke und Härte als die vorigen hatten, waren bei gleicher Ladung der Batterie und gleicher Länge des Leitungsdrahtes die Entfernungen, in denen die Wechsel eintraten, fast genau dieselben, wie oben, so daß also die Länge der Nadeln keinen Einfluß auf die Magnetisierung zeigt.

Während nun die Länge der Nadeln gleichgültig ist, so wirkt eine Aenderung in der Länge des Schließungs-

drahtes, der Stärke der Ladung, der Härte und Dicke der Nadeln sehr bedeutend auf die Anordnung der verschiedenen Magnetisirungsperioden und Wechsel. Als Savary unter sonst gleichen Umständen, wie oben, einen Platindraht von doppelter Länge (also 2 Meter), aber derselben Dicke anwandte, so erhielt er nur zwei Wechsel, wobei die dem Draht zunächst liegenden Nadeln bis zu 2 Millimet. Entfernung positiv, die folgenden bis zu 10,4 Millim. negativ, und die noch weiter entfernten wieder positiv waren. Es ist übrigens nicht nothwendig, daß die dem Drahte nächsten Nadeln stets positiv sind, sie können auch negativ seyn; auch zeigen diese dem Drahte zunächst liegenden keineswegs den stärksten Magnetismus, sondern gewöhnlich erst die in einiger Entfernung befindlichen. Die äußersten Nadeln sind aber stets positiv (normal). So erhielt Savary, als er durch einen Platindraht von 0,37 Millim. Durchmesser und 0,65 Met. Länge eine noch stärkere Ladung als in den vorigen Versuchen schlagen liefs, fünf Wechsel in der Magnetisirung der Nadeln; die dem Drahte zunächst liegenden waren negativ u. s. w., der letzte Wechsel fand bei 28 Millim. statt. Nahm er einen Platindraht von 1 Met. Länge, aber nur  $\frac{1}{8}$  Millim. Dicke, so erhielt er gar keine Umkehrungen mehr, alle Nadeln waren positiv. Nur darin zeigte sich noch eine Andeutung der vorigen Erscheinung, daß nicht die dem Drahte nächsten Nadeln am stärksten magnetisch waren; die Stärke des Magnetismus nahm anfangs mit der Entfernung vom Drahte bis auf ungefähr 11 Millim. zu; dann aber wieder ab. — Ist der Schließungsbogen der Batterie aus an Dicke <sup>1)</sup> und Material verschiedenen Drähten zusammengesetzt, so bleibt dennoch an allen Punkten desselben die Wirkung dieselbe, die aber natürlich durch die Länge und Dicke und Leitungsfähigkeit der einzelnen Stücke bedingt ist.

1) Die Dicke darf jedoch nicht so groß werden, daß sie in Beziehung auf die Entfernungen, in welchen die Wechsel eintreten, beträchtlich wird.



Von dem größten Einflusse auf diese Magnetisirungserscheinungen ist die Härte der Nadeln; man erhält nämlich allein mit gehärteten Nadeln die oben beschriebenen Wechsel, bei nicht gehärteten, biegsamen Nadeln erscheinen sie nie; sie zeigen sich nur noch dadurch angedeutet, daß diejenigen Nadeln, welche den stärksten Magnetismus besitzen, sich gewöhnlich erst in einiger Entfernung vom Drahte finden.

Eben so wenig gelingt es mit dicken gehärteten Nadeln diese Wechsel zu erzeugen; es zeigt sich ähnlich wie vorhin als Rest derselben das Maximum der Stärke erst in einiger Entfernung vom Drahte. Die Beobachtungsreihen, welche Savary bei dicken Nadeln und starken Ladungen erhielt, gleichen denen, welche dünne Nadeln bei schwachen Ladungen zeigen.

Leichter noch erhält man, nach Savary, diese Wechsel und entgegengesetzten Magnetisirungsperioden, wenn man, um die Wirkung des Funkens zu verstärken, den Leitungsdraht spiralförmig um eine Glasröhre windet, und die unmagnetische Stahlnadel in die Röhre zwischen die Windungen des Drahts einschiebt. Fängt man den Versuch mit schwachen Ladungen der Batterie an, und verstärkt sie nach und nach, so werden die eingelegten Nadeln anfangs positiv, dann negativ, dann wieder positiv u. s. f. Savary erhielt bis sechs Wechsel. Die Wirkung einer Spirale ist natürlich um so stärker, je näher die Windungen derselben aneinanderliegen; ist ihre Länge in Beziehung auf die eingelegte Nadel sehr bedeutend, so ist die Magnetisirung einer innerhalb derselben parallel mit ihrer Axe liegenden Nadel überall (mit Ausnahme der Nähe der Enden) dieselbe.

Diese von Savary beobachteten Erscheinungen sind bis jetzt weiter nicht zum Gegenstande einer speciellen Untersuchung gemacht worden; ich kenne wenigstens keine späteren Versuche hierüber als diejenigen, welche Riefs in Poggendorff's Annalen, Bd. 47, S. 59, anführt, aber eigentlich nur in der Absicht, um zu zeigen, daß der

Magnetismus einer Nadel kein Maafs für die Stärke der Elektrizität, ja nicht einmal für ihre Richtung sey. — Genau mit diesen Erscheinungen hängen aber, wie sich später noch deutlicher herausstellen wird, die durch den sogenannten Nebenstrom der Batterie erzeugten Magnetisirungen zusammen, über welche Marianini <sup>1)</sup>, Henry <sup>2)</sup>, Riefs <sup>3)</sup> und Matteucci <sup>4)</sup> Versuche angestellt haben. Es wird deshalb nicht ohne Interesse seyn, in dem Folgenden über die Magnetisirungen sowohl durch den Haupt-, als auch durch den Nebenstrom weitere Versuche und die Erklärung derselben mitzutheilen. Es wird sich dabei zu gleicher Zeit auch nachweisen lassen, dafs alle in Rücksicht auf den Nebenstrom von den oben genannten vier Gelehrten angestellten Versuche richtig sind, und die Nichtübereinstimmung in den Ansichten allein in der einseitigen oder unvollständigen Auffassung der Erscheinung liegt.

Savary hat über die Magnetisirung mittelst der Spiralen keine nach Maafs und Zahl genau bestimmten Versuche angestellt; es ist deshalb zuvörderst nöthig, Versuche mitzutheilen, welche auch bei Anwendung der Spiralen die grofse Gesetzmäfsigkeit des Phänomens und die Abhängigkeit desselben von der Länge des Leitungsdrahtes, der Stärke der Ladung und der Gröfse der Oberfläche der Batterie nachweisen.

Es mufs diess hier um so nothwendiger erscheinen, da alle folgenden Versuche nur mit Anwendung der Spiralen angestellt sind, und zwar wurde in allen weiterhin mitgetheilten immer eine und dieselbe Spirale von

1) *Memorie di fisica sperimentale. Modena* 1838. Ich kenne die Versuche nur aus dem Auszuge im 10. Bande der *Annal. de chim. et de phys.* (3. série.)

2) *Transactions of the american phil. Society, Vol 6, p. 17.* — Poggendorff's Annalen, Ergänzungsband (1842), S. 300.

3) Poggendorff's Annalen, Bd. 47, S. 55.

4) *Bibliothèque univers. de Genève, Octob. 1840, p. 122.*

Silberdraht als Magnetisirungsspirale gebraucht. Die Nadeln <sup>1)</sup> (Nähnadeln, wie sie im Handel vorkommen, 1 Zoll 3,8 Lin. lang und 0,25 Lin. dick) wurden sorgfältig mit Hülfe eines Glasstäbchens stets an denselben Punkt der Spirale geschoben (eine Sorgfalt, die bei einer möglichst regelmässig gewickelten Spirale indess überflüssig ist, vorausgesetzt, dass sich die Nadeln von den Enden noch entfernt befinden). Die Nadel bedeckten ungefähr 28 bis 29 Windungen. Die angewandte Batterie bestand aus neun ziemlich grossen Flaschen, und war durch 1 Fufs hohe Glasfüsse isolirt. Die Ladung desselben wurde auf die von Riefs in Poggend. Ann., Bd. 40, S. 323, beschriebene Weise durch die Anzahl der Funken einer Lane'schen Entladungsflasche, deren innerer Beleg mit dem äusseren Beleg der isolirten Batterie verbunden war, gemessen. Die Entladung geschah durch Niederlassen des einen Arms des Entladers mittelst einer über eine Rolle gehenden Schnur; anfangs liess ich die Kugel des Entladers möglichst gleichmässig auf die Kugel der Batterie fallen (und so sind die in der gleichfolgenden Tabelle zusammengestellten Versuche ausgeführt), bei allen folgenden Versuchen näherte ich jedoch dieselbe nur bis zum Ueberspringen eines Funkens. Vor jeder neuen Ladung wurde natürlich der Rückstand erst hinweggenommen. Alle Verbindungen der Drähte wurden durch die von Poggendorff angegebenen Schraubenklemmen gemacht.

In der folgenden Tabelle enthält die obere horizontale Reihe die verschiedenen Längen eines dünnen Eisendrahts (von 0,1 Lin. Dicke), welche bei den darunter stehenden Versuchen eingeschaltet waren. Die erste verticale Reihe enthält die Stärke der Ladungen. Das Zeiche + bedeutet die normale Magnetisirung, das Zeichen — die anomale. Wo zwei Zeichen stehen, bezieht

1) Auf jedem Viertelhundert stand: *R. Hemming & Son's, genuine old patem, sharps No. 7.*

sich das links stehende auf die Spitze oder die nach der Spitze hin gelegene Hälfte der Nadel, das rechts stehende dagegen auf das Ohr oder die diesem zunächst gelegene Nadelhälfte. Die hinter diesem Zeichen befindliche Zahl giebt die Zeit an, welche die Nadel zu 20 Schwingungen gebrauchte; als Einheit diente die Zeit zwischen zwei Schlägen meiner Uhr ( $147=1$  Minute). Gewöhnlich wurden 40 bis 60 Schwingungen gezählt). Wo keine Zahl hinter dem Zeichen steht, habe ich das Zeichen nur der leichteren Uebersicht wegen hingesetzt; obwohl durch keinen besonderen Versuch hier bestimmt, ergiebt es sich jedoch gleich aus den übrigen Versuchen.

Magnetisirung von Stahlnadeln durch die Entladung einer Batterie von neun Flaschen, bei steigender Ladung und abnehmender Länge des eingeschalteten Drahtes.

Stärke der Ladung.	364 F.	202 F.	154 F.	106 F.	82 F.	58 F.	34 F.	18,4 F.	10,3 F.		
10	+	+	+	+	+	+	+	+ <sup>1)</sup>	21	+ 22	
20								+	26	+ 42,5	
30	+ 24							+	40,5	+ 45	
40							+	+	110	+ 33,5	
50							+	60,5			
60	+ 20,5	+	+	+		+ 32	+	82		+ 35	
70					+ <sup>2)</sup> 44	- 0 <sup>2)</sup> 65	- 0	67		+ 37	
80								54	+	165	
90				+ 36,7				38			
100	+ 19,5			+	140		-	48,7	+	67	+ 41
120				+	83	- 45		47	+	64	
130			+	44,5							
150	+ 20,5					-	34,5	+	34	+ 32	
160			- 0	93							
180								54	+	29	
200	+ 20	+	56				+	126	+	33	+ 27,5
210			40								
220								+	27		
230	+	+	-	-	-	-	-	48	+		+

Wie

- 1) Bei Ladung 5 und 18,4 F. Draht Einschaltung brauchte die Nadel die Zeit 30; sie war natürlich +.
- 2) Die beiden mit zwei Kreuzen bezeichneten Magnetisirungen wurden hervorgebracht durch eine Ladung von 75.

Wie oben, aber die Batterie enthielt nur fünf Flaschen.

Stärke der Ladung.	364 F.	289 F.	202 F.	106 F.	58 F.	10,3 F.
10	+	+	+	+	+	+
20			26,5	26,5		50
30			22	36,5	+	25
40			23	125	40,5	28,5
50	+	+	31	48,5	+	38
60			43	0	96	42
70			0	60	+	
80			410	45	71	
90	+		—	42	72	
100		62	42		+	74
110	+	84	—	53	65	+

Wie oben, die Batterie enthielt aber nur zwei Flaschen.

Stärke der Ladung.	364 F.	289 F.	202 F.	106 F.
5	+	+	+	28
10			+	36
15			30	+
20	+	+	34	44
25		36	0	56
30	+	52,5	+	45
35	+	75	64	+
40	0	59	+	31
	77	118	52	35

Wie oben, aber die Batterie enthielt nur eine Flasche.

Stärke der Ladung.	364 F.	289 F.
5	+	+
10		30
15	+	32
20	+	40,5
25	+	40,5
	58	44,5

Zur Vervollständigung vorstehender Uebersicht mögen hier noch einige Versuche, die mit neun Flaschen und einer Einschaltung von 10,3 F. Draht angestellt sind,

erwähnt werden, da sie in obigen Tabellen keinen Platz finden konnten; sie zeigen die Umkehrung, welche in der mitgetheilten Tabelle an jener Stelle zwischen der Ladung 20 und 30 durch eine Schwächung angedeutet ist.

9 Flaschen.	Stärke der Ladung.	10,3 F.	
	10	+	22
	15	+	30
	20	+	42,5
	23	0+	50
	24	—+	57
	25	—+	62
	26	0+	46
	27	0+	41
	30	+	45

Es ergibt sich aus vorstehenden Versuchen, daß bei Anwendung von schwachen Ladungen die Magnetisirung normal ist; erst bei steigender Ladung geht sie in die anomale über, um unter geeigneten Umständen bei noch größserer Stärke wieder normal zu werden u. s. f. Die anomale Periode tritt im Allgemeinen um so früher ein, je kleiner der Widerstand, ist aber auch um so kürzer; es darf jedoch der Widerstand nicht unter eine gewisse Gränze hinabgehen, sonst zieht sich die Periode so zusammen, daß sie nur durch ein Minimum der Magnetisirung im normalen Sinne angedeutet ist. Bei großem Widerstande ist es wegen der Größe der Periode nicht möglich, nach der anomalen wieder die normale Lage der Pole zu erlangen, und bei sehr großem Widerstande gelingt es aus gleichem Grunde nicht einmal die anomale Vertheilung zu erzeugen, wenn man nicht mächtige elektrische Kräfte wirken lassen will. Merkwürdig ist der Einfluß, welchen die Größe der Oberfläche der Batterie ausübt. Wird eine und dieselbe Quantität auf verschiedenen großen Flächen angesammelt, so wirkt die auf der kleineren angehäuften stärker, d. h. sie vermag bei demselben Leitungswiderstande schon in geringerer Menge die anomale Magnetisirung zu erzeugen; deshalb bewirkt

sie dieselbe auch bei Widerständen, bei welchen die auf der gröfseren Oberfläche angehäuften sie nicht hervorrufen. Eine Folge davon ist auch, dafs bei Anwendung von kleineren Oberflächen die wirkliche Umkehrung schon bei gröfseren Widerständen in ein blofses Minimum der normalen Magnetisirung übergeht. So vermag bei 202 F. Widerstand eine Ladung  $= 70$  angehäuften in fünf Flaschen schon die Nadel anomal zu magnetisiren, während bei neun Flaschen es noch nicht eine Ladung  $= 200$  vermag; bei fünf Flaschen entsteht bei 289 F. Widerstand und einer Ladung  $= 100$  eine Umkehrung, während sie bei neun Flaschen und einer Ladung  $= 200$  noch nicht bei 202 F. Einschaltung bewirkt werden kann. Bei 106 F. Einschaltung zeigt sich bei neun und fünf Flaschen die Umkehrung, während bei zwei Flaschen ein blofses Minimum sich findet. Wird die Oberfläche aber kleiner als eine bestimmte Gröfse, so vermag sie, da die Umkehrung bei der kleinen Oberfläche einen gröfseren Widerstand verlangt, nicht so viel Elektrizität zu fassen, als zur Erzeugung eines Wechsels nöthig ist; so sehen wir bei Anwendung von einer Flasche keine Umkehrung der Pole.

In den Versuchen Savary's finden sich nirgends Nadeln, welche dreipolig gewesen wären, wie in den von mir angestellten; es war bei diesen letzteren stets die Spitze, welche zuerst anomale Magnetisirung erhielt. Der Grund dieser Erscheinung liegt darin, dafs die Spitze dünner und auch härter ist; durch beides wird aber, wie schon Savary gezeigt hat, die Umkehrung begünstigt. Savary hat vielleicht überall gleich starke und gleichmäfsig gehärtete Nadeln gehabt. Mir war diese Erscheinung in sofern sehr genehm, als sie ein Mittel abgab, die Grenzen der Perioden mit Leichtigkeit zu finden; es rückte nämlich, nachdem die Spitze zuerst unmagnetisch geworden war, die anomale Magnetisirung mit der Verstärkung der Ladung allmählig von der Spitze nach dem Oehre hin.

Ich habe die obige Reihe von Versuchen mitgetheilt, weil sie unter allen, die ich angestellt habe, die größte Ausdehnung, und wegen der schlechten Leitungsfähigkeit des dünnen Eisendrahts, sehr große Perioden hatte, so daß nicht leicht eine übersehen werden konnte. Durch die Anzahl der Wechsel bis (15) ausgezeichnete Reihen werde ich später mittheilen.

Mit größter Entschiedenheit läßt sich aus obigen Versuchen ersehen, daß die Magnetisirung einer Nadel durch die möglichst schwächste Elektricität, welche die Nadel überhaupt noch zu magnetisiren vermag, eine normale ist. Gesetzt, es vermöge eine Ladung  $= 4$  eine gegebene Nadel noch nicht zu magnetisiren, wohl aber die Ladung 5, so ist die durch die Ladung 5 magnetisirte Nadel gewiß normal (wenn der Unterschied zwischen 4 und 5 oder die Einheit der Ladung nur gehörig klein genommen ist). Auf diese Weise läßt sich also die Magnetisirung der Nadeln als ein sicheres und untrügliches Kennzeichen gebrauchen für die Richtung der Elektricität. (Statt die Ladung zu schwächen, könnte man auch die Entfernung der einzelnen Spiralgänge vergrößern, oder wenn die Nadel neben dem einfachen Drahte liegt, sie weiter entfernen; diejenige Magnetisirung, welche sie kurz vorher zeigt, ehe die Entfernung so groß wird, daß sie gar nicht mehr magnetisch wird, ist eine normale. Auch könnte man statt der dünnen und stark gehärteten Nadeln dickere und weniger gehärtete einlegen.)

Um diese verschiedenen, bei der Magnetisirung durch den elektrischen Funken auftretenden Erscheinungen zu erklären, ist es nothwendig, den Zusammenhang zwischen Elektricität und Magnetismus näher zu kennen. Es giebt aber bis jetzt nur eine Theorie, welche diesen Zusammenhang uns lehrt, nämlich die von Ampère aufgestellte, nach welcher in einem Magnet jedes einzelne Theilchen umflossen wird von elektrischen Strömen, welche (wenigstens bis auf die Enden) alle eine und dieselbe Rich-



tung haben, während im nicht magnetisirten Stahl und Eisen die Richtung eines jeden Stromes eine ganz beliebige ist. Ich weiß wohl, daß man dieser Theorie Manches entgegengestellt hat, und daß namentlich Dove in seiner vortrefflichen Abhandlung über Induction durch elektromagnetisirte Eisen (Abhandlungen der Berliner Acad. der Wissensch., Jahrg. 1841, Bd. 1, S. 133 ff.) sich gegen dieselbe ausgesprochen hat. Es kommt indess doch zuletzt nur darauf hinaus, daß durch die Annahme dieser Theorie nichts gewonnen sey, und bei derselben eben so viel Unerklärliches (nämlich diese angenommenen, jedes Eisen- und Stahltheilchen umkreisenden Ströme) übrig bleibe. Dove schließt den hierüber handelnden Abschnitt, S. 136, mit den Worten: »Ist man einmal genöthigt, die nachweisbaren elektrischen Ströme im Eisen — [er meint die durch Induction in einem Eisencylinder eben so wie z. B. in einem Kupfer- oder Messingcylinder entstehenden] — zu unterscheiden von den hypothetischen, welche den Magnetismus bedingen, so scheint es einfacher, einen Schritt weiter zu gehen, und Elektrizität und Magnetismus als unterschiedene Naturkräfte anzuerkennen.«

Es fragt sich indess, ob nicht dennoch durch die Annahme dieser hypothetischen Ströme, welche den Magnetismus bedingen, etwas gewonnen sey, da ja durch sie alle Erscheinungen sich vollständig erklären lassen, und ein Weg aus dem Gebiete der Elektrizität in das Gebiet des Magnetismus geöffnet ist. Mir wenigstens scheint die Ampère'sche Theorie vortheilhaft zu seyn, und vielleicht mögen die folgenden Versuche auch noch etwas zu ihrer Begründung beitragen, indem sie nachweisen, daß die Erscheinungen bei der Magnetisirung der Stahlnadeln durch den Hauptstrom mit den Erscheinungen, welche der Nebenstrom darbietet, übereinstimmen.

Bei Betrachtung der oben angeführten Versuche der Magnetisirung durch den Hauptstrom der Batterie haben

wir es gleich mit diesen hypothetischen Strömen zu thun, welche jedes einzelne Theilchen der Stahlnadel umfließen, und durch die Anziehung des Funkens alle parallel gerichtet werden. Es ist nämlich durch die Versuche Faraday's bekannt, daß ein Strom bei seiner Entstehung in einem nahe gelegenen Leiter einen Strom erregt, welcher ihm entgegengesetzt ist, beim Verschwinden dagegen einen zweiten, welcher dem ursprünglichen gleichlaufend ist. Beide Wirkungen muß auch der elektrische Funke auf eine in seiner Nähe befindliche Stahlnadel ausüben. Da die Nadel senkrecht gegen seine Richtung liegt, so sind die Ebenen der in der Nadel erregten Ströme ebenfalls senkrecht auf die Länge der Nadel, und die Magnetisirung der Nadel wird gerade die entgegengesetzte seyn, je nachdem wir sie durch die Wirkung des Anfangens oder bloß des Aufhörens des Funkens uns erzeugt denken. Nun folgen aber die beiden Momente des Anfangs und des Endes beim elektrischen Funken, so schnell auf einander, daß ihre Wirkungen gesondert nicht gemessen werden können; es ist also die Magnetisirung der Nadel stets das Resultat dieser beiden Einflüsse.

Um eine harte Stahlnadel zu magnetisiren, genügt nicht jede beliebige Elektrizitätsmenge, sondern es wird ein gewisses Quantum erfordert, das mit Heftigkeit (also in sehr kurzer Zeit) auf die Nadel einwirkt. Wenn also die Batterie anfangs nur sehr schwach geladen wird, so entsteht beim Entladen in der Nadel, die sich in der Nähe des Leitungsdrahtes, z. B. in einer Spirale, befindet, noch kein Magnetismus, es ist die Elektrizität des Funkens noch nicht hinreichend, um das Hinderniß, welches der Entstehung oder Richtung der elektrischen Ströme widersteht (die sogenannte Coërcitivkraft), zu überwinden. Wird die Ladung allmählig verstärkt, so wird dasselbe endlich überwunden, und der Funke magnetisirt die Nadel, indem sein heftiges Herannahen Ströme in

der Nadel erzeugt, welche seiner Richtung entgegengesetzt sind, d. h. die Nadel wird normal magnetisirt, wie wir es bei allen früheren Versuchen stets zuerst fanden.

Das Aufhören des Funkens oder das Abgleichen des elektrischen Gegensatzes übt eine schwächere Wirkung aus, die aber nicht deshalb schwächer ist, weil die Masse des Abzugleichenden geringer wäre (es ist ja dieselbe, welche entstanden ist), sondern weil sie in etwas längerer Zeit, also mit geringerer Heftigkeit, sich abgleicht. Die beiden Wirkungen des Anfangs und des Endes werden in Beziehung auf die Ablenkung einer Magnetenadel, wobei es nur auf die Masse des Abzugleichenden, nicht auf die Zeit, in welcher es geschieht, ankommt, völlig gleich seyn, und sich aufheben; und in der That lenkt der elektrische Funke die Galvanometernadel nicht ab. Ganz anders verhält es sich mit der Magnetisirung von Stahlnadeln, wobei es nicht nur auf die Masse der Electricität, sondern auch auf die Zeit ankommt; es wird also derselbe Funke, der bei seinem Entstehen eine Nadel magnetisirt, dieselbe noch nicht bei seinem Aufhören magnetisiren.

Wird die Ladung nach und nach verstärkt, so gewinnt der Funke auch so viel Kraft bei seinem Aufhören die Nadel zu magnetisiren, d. h. Ströme in ihr zu erzeugen, welche seiner Richtung entgegengesetzt sind. Es findet aber der Funke bei seinem Aufhören die Nadel schon durch seinen Anfang magnetisirt, und ehe die Nadel eine Polarisirung zeigen kann, welche dem Aufhören des Funkens entspricht, d. h. die anomale, müssen die beim Aufhören des Funkens entstehenden Ströme die schon vorhandenen entgegengesetzten überwinden. Es beginnt also die normale Magnetisirung, nachdem sie bei zunehmender Stärke der Ladung ein gewisses Maximum erreicht hat, abzunehmen, um dann durch Null in die entgegengesetzte überzugehen. Es ist aber klar, daß diese Umkehrung nur geschehen kann, wenn die Magne-

tisirung durch das Aufhören des Funkens einen stärkeren Magnetismus erzeugt, als der ist, welcher sich im Augenblick durch die Magnetisirung durch den Anfang des Funkens noch in der Nadel vorfindet. Da nun der Anfang des Funkens stets stärker magnetisirt als das Ende, so wird die Umkehrung (anomale Magnetisirung) erst dann sich zeigen können, wenn der durch den Anfang erregte Magnetismus nicht völlig von der Nadel aufgenommen werden konnte (oder anders ausgedrückt, wenn der Anfang so stark magnetisirend wird, daß er auch eine grössere Stahlmasse als die Nadel bis zur Sättigung magnetisirt haben würde), so daß das Aufhören des Funkens nur einen Theil der Wirkung seines Anfangs zu überwinden hat. So lange dieses nicht stattfindet, tritt keine Umkehrung der normalen Magnetisirung, sondern blofs eine Schwächung derselben ein. — Da dickere Nadeln eine bedeutend grössere Menge von Magnetismus aufnehmen können, so ist leicht einzusehen, daß bei ihnen die anomale Periode erst bei stärkeren Ladungen eintreten kann, und daß diese Ladungen um so intensiver werden müssen, je dicker die Nadel wird, ja daß für eine gegebene Batterie und gegebene Magnetisirungsspirale es eine bestimmte Dicke giebt, bei welcher gar keine Umkehrung mehr erfolgt, auch wenn die Batterie auf's Stärkste geladen wird.

Da die Magnetisirung des Stahls eben so wie die Erwärmung eines Drahts auch von der Heftigkeit abhängt, mit welcher der Funke hereinbricht (oder von der Kürze der Zeit), so wird dasselbe Gesetz, welches für die Erwärmung eines Drahts von Riefs in Betreff der Oberfläche der Batterie aufgestellt ist, sich hier ebenfalls anwenden lassen; es wird die Umkehrung um so leichter zu Stande kommen, auf je kleinerer Oberfläche die Elektrizität ausgebreitet ist, oder anders ausgedrückt, je grösser die Spannung der Elektrizität bei derselben Quantität ist. Riefs zeigen ebenfalls die oben in der Tabelle zusammengestellten Versuche.

Es besteht nun aber der sogenannte elektrische Funke nicht aus einem einzigen Funken, sondern aus einer wahrscheinlich ziemlich grossen, uns freilich bis jetzt unbekannten Anzahl derselben. Jede dieser Partialentladungen (dieser einzelnen Funken) hat aber ihren Anfang und ihr Ende, und indem die Gesamtentladung an einer Nadel vorbeisclägt, wird jede Partialentladung, welche stark genug ist, durch ihr Anfangen sowohl als durch ihr Aufhören magnetische Polarität in der Nadel erregen. Es wird also in einer Nadel, neben welcher eine starke Batterieladung hingeht, so viele abwechselnde normale und anomale Magnetisirungen nach einander geben, als einzelne Funken von der nöthigen Stärke in der Ladung aufeinander folgen. Da die kreisförmigen Ströme, welche jedes einzelne Stahltheilchen umgeben, nur eine geringe Länge haben, in welcher sie sich bewegen, so werden sie jedem Einflusse der vorbeisclagenden Funken nachgeben können; anders wäre es natürlich, wenn die Zeit, welche sie zu ihrer Bildung gebrauchten, länger wäre als die, welche zwischen zwei aufeinander folgenden Partialentladungen des Batteriefunkens verfliet. Die einzelnen aufeinander folgenden Partialentladungen können aber einander nicht gleich seyn, weil, nachdem der erste Theilfunke übergeschlagen ist, jetzt eine geringere Masse Elektrizität auf derselben Oberfläche ausgebreitet ist. Nachdem der zweite Funke übergeschlagen, ist die Masse der Elektrizität noch geringer u. s. w. Es werden also die aufeinander folgenden Partialentladungen sich wie immer schwächer werdende Ladungen verhalten; ihr Ueberschlagen bei einer gröfseren Schlagweite, als ihrer Stärke sonst entspräche, ist durch die vorangehenden Funken möglich gemacht. Bei einem galvanischen Strome kann man die Kohlenspitzen, nachdem sich zwischen ihnen der Uebergang gebildet hat und sie stark leuchten, von einander entfernen, und der Strom geht dennoch über; wollte man sie gleich anfangs vor dem Beginnen des Stromes in diese Entfernung stellen, so würde kein Strom

übergeben. Aehnlich ist es bei der Entladung der Batterie. Wenn nun nicht blofs die erste Partialentladung auf die Nadel wirkt, sondern auch ein Theil der nachfolgenden, so wird sich dies unter günstigen Umständen durch eine Reihe von Wechseln in der Polarität der Nadeln bei immer steigender Ladung zeigen müssen. Schon oben ist angeführt, dafs Savary bis sechs Wechsel erhalten habe. Während bei Anwendung eines dünnen Eisendrahts (von 0,1 Lin. Dicke) als Leitungsdrahtes es mir nur möglich war, nach der ersten anomalen Magnetisirung unter günstigen Umständen wieder die normale zu erlangen (s. obige Tabelle), so erhielt ich bei Anwendung von neun Flaschen und eines 0,6 Lin. dicken Kupferdrahts von 9,6 F. Länge, welcher mit der Silberspirale als Magnetisirungsspirale verbunden war, ebenfalls sechs Wechsel, welche folgenden Ladungen entsprachen:

5+	30—	40+	60 0	80+	170—
10+	35—	50+	70—	90+	
15+				120+	
20+					
25+					

Die Zahlen geben die Ladungen an, mit welchen die Versuche gemacht wurden. Als ich zu obiger Drahtlänge von 9,6 F. noch eine Länge von 89 F. desselben Drahtes hinzufügte, so erhielt ich funfzehn Wechsel, wie die folgenden Versuche angeben, in welchen die Zahlen wieder die Stärke der Ladung bedeuten:

10+	20—	30+	50—	60+	80—	90+	120—	130+	140—	150+	160—	170+	190—
		40+		70+		100+						180+	
						110+							

Es ist klar, dafs man bei Anwendung einer noch stärkeren Batterie und dünnerer und härterer Nadeln, als ich anwandte, leicht die Anzahl der Wechsel noch bedeutend steigern könne.

Die von Savary beobachteten Wechsel beim Vorbeischlagen einer Batterieladung vor einer Reihe von Na-

deln erklären sich nach dem Angegebenen eben so leicht. Wir haben gesehen, daß die erste magnetisirende Wirkung stets eine normale ist, und daß damit zugleich gezeigt ist, daß der durch den Anfang eines Funkens erzeugte Magnetismus stärker ist als der, welcher durch das Aufhören desselben hervorgerufen wird. Es muß also auch die magnetisirende Kraft des Anfangs der ersten Partialentladung sich auf weitere Entfernung erstrecken, als die magnetisirende Kraft des Endes derselben, oder gar der übrigen Funken; folglich werden die am entferntesten liegenden Nadeln nur von der magnetisirenden Kraft des Anfangs des ersten Funkens erreicht, und müssen stets die normale Polarität zeigen. Näher am Drahte liegende Nadeln werden ebenfalls durch den Anfang des ersten Funkens magnetisirt, aber auch zugleich durch sein Aufhören; ist nun die Wirkung so stark, daß die Nadel den Magnetismus, der vermöge der Anregung des elektrischen Funkens in ihr entstehen könnte, nicht ganz aufzunehmen vermag, so wird das Aufhören des ersten Funkens nicht bloß die durch den Anfang desselben erzeugte Polarität umkehren, sondern der Nadel noch die entgegengesetzte mittheilen, weil sie ja stärker ist als der noch in der Nadel vorgefundene Rest der Anfangsmagnetisirung. Noch näher an dem Drahte liegende Nadeln sind nun, außer diesen beiden Einwirkungen, auch noch dem Einflusse des Anfangs der zweiten Partialentladung oder zweiten Funkens ausgesetzt; ist er stark genug, um ein größeres Quantum Magnetismus zu erzeugen, als die Nadel aufzunehmen vermag, so wird nicht nur der durch das Ende des ersten Funkens entstandene anomale Magnetismus vernichtet, sondern auch noch die normale Polarität hervorgerufen. Auf noch näher am Drahte liegende Nadeln wirkt dann auch das Aufhören des zweiten Funkens, und macht sie wieder anomal u. s. w.

Hat der Anfang oder das Ende eines Funkens noch

nicht solche Stärke, daß er einen stärkeren Magnetismus erzeugen kann, als die Nadel aufzunehmen vermag, und also von der vorhergehenden Wirkung noch behalten hat, so vermag er die vorgefundene Magnetisirung nur zu schwächen, aber noch nicht umzukehren. So schwächt zuerst das Aufhören eines Funkens die durch seinen Anfang erzeugte Magnetisirung, und eben so der Anfang eines zweiten Funkens die durch das Aufhören des ersten erzeugte Magnetisirung, bis sie hinlängliche Stärke erlangt haben, um Magnetismus im Ueberschuß in der Nadel erzeugen zu können. Indem diese Polarität wächst, ohne von der nachfolgenden Magnetisirung sehr beeinträchtigt zu werden, bildet sich das Maximum, das dann bei steigender Stärke durch den Einfluß der nachfolgenden Magnetisirung abnimmt u. s. w. Auf diese Weise entstehen die regelmässigen Perioden in dem Magnetismus der Nadeln mit abnehmender Entfernung.

Auch die Thatsache, daß nicht stark gehärtete Nadeln je nach ihrer Härte mehr oder weniger leicht die Umkehrung, ja biegsame Nadeln dieselbe gar nicht, sondern statt dessen erst in einiger Entfernung vom Drahte das Maximum zeigen, erklärt sich ebenfalls aus dem Vorigen. Denken wir uns z. B. eine solche Nadel, welche also sehr leicht Magnetismus aufnimmt, aber nur sehr wenig davon festhält, in die Silberspirale gelegt, und lassen einen starken Batteriefunken durch dieselbe gehen. Der Anfang und das Ende jedes einzelnen Funkens wirkt auf die Nadel; da diese aber von jedem in ihr erregten Magnetismus nur wenig festhält, so findet jede folgende Elektrizität die Nadel in fast nicht magnetischem Zustande, die daher mit Leichtigkeit die jedem Zeitmomente entsprechende Polarisirung annimmt. Da der letzte wirksame, oder der schwächste noch wirksame Funke stets im positiven (normalen) Sinne wirkt, so wird er in der Nadel, welche von dem Ende des vorletzten Funkens nur noch eine schwache anomale Polarität behalten



hat, auch wenn er schwach ist, doch leicht den anomalen Magnetismus überwinden, und den normalen erzeugen. Je nach seiner Stärke richtet sich auch die Stärke dieses normalen Magnetismus, und es ist leicht einzusehen, daß bei zunehmender Ladung die Nadeln allmählig in ihrer Stärke zu- und abnehmen werden.

Da bei diesen Magnetisirungen die letzte Wirkung des gesammten Entladungsschlages stets eine positive oder normale ist, so muß sich dies auch selbst noch bei glasharten Nadeln zeigen. Obwohl der schwache letzte Funke hier nicht immer, weil er eine stark, ja oft bis zu ihrem Maximum magnetisirte Nadel vorfindet, die Umkehrung bewirken kann, so wird er doch die anomale Magnetisirung schwächen und ihre Periode verkürzen. Dies geht auch aus den oben mitgetheilten Versuchen hervor, wo man deutlich, obwohl die Gränzen nicht angegeben sind, doch das Vorwalten der positiven Perioden erkennt. Eben dasselbe zeigt sich auch in den Versuchen Savary's, in denen in der negativen Periode die Nadeln niemals die Stärke erreichen, wie in der positiven, weil die letzte Wirkung an jeder Stelle eine mehr oder weniger starke positive ist.

Nachdem wir nun die Erscheinungen der Magnetisirung durch den Hauptstrom der Batterie erklärt haben, können wir uns zur näheren Betrachtung derjenigen Magnetisirungen wenden, welche durch den sogenannten Nebenstrom hervorgebracht werden. Wenn nämlich die Entladung der Batterie durch einen Draht geschieht, neben welchem ein anderer Draht sich befindet, so entsteht in diesem zweiten Drahte, wenn er geschlossen ist, oder seine Enden nur um ein Geringes von einander entfernt sind nach der fast gleichzeitigen, aber unabhängigen von einander von Marianini, Henry und Riefs gemachten Entdeckung ebenfalls ein elektrischer Strom, oder richtiger gesagt, elektrische Ströme. Es herrscht unter manchen Versuchen derselben scheinbar keine Ueber-

einstimmung, und dennoch ist sie vollständig vorhanden, sobald nur der Nebenstrom in seiner Vollständigkeit aufgefaßt wird. Den rechten Weg hierzu hat schon Wrede in dem Jahresbericht von Berzelius für 1841, 20. Jahrg., S. 119 ff., angedeutet, wo er im Wesentlichen die richtige Erklärung über die Magnetisirung durch den Nebenstrom mittheilt. Es ruft nämlich der durch den Hauptdraht gehende Funke der Batterie im Nebendrahte sowohl bei seinem Anfange als bei seinem Aufhören einen elektrischen Strom hervor, von welchem der erste dem ursprünglichen entgegengesetzt, der zweite dagegen dem ursprünglichen parallel gerichtet ist. Wenn man also mit dem Nebendraht, um die Wirkung zu verstärken, eine Spirale verbindet, und in diese eine Stahlnadel legt, so wird dieselbe magnetisch werden. Da wir oben aber gesehen haben, daß die Wirkung des Anfangs des Funkens stets größer ist, als die des Endes, so wird zunächst bei geringer Ladung in dem Nebendrahte der durch den Anfang des Funkens inducirte Strom, der also dem ursprünglichen entgegengesetzt gerichtet ist, die Nadel magnetisiren. Es ist diese Magnetisirung, wenn wir sie mit der Magnetisirung durch den Hauptstrom vergleichen, also die normale oder positive <sup>1)</sup>).

Berücksichtigt man die von Riefs über die Erwärmung der Drähte durch die Entladung einer Batterie angestellten Versuche, welche überhaupt mit den von uns hier betrachteten Erscheinungen in Hinsicht auf die Stärke der Einwirkung übereinstimmen, so findet man durch dieselben bewiesen, daß bei gleichbleibender Oberfläche der Batterie und bei demselben Entladungsdrahte die Erwärmung zunimmt proportional dem Quadrate der Elektrizitätsmenge; es scheint dies darauf hinzudeuten, daß die stärkere Ladung nicht bloß vermöge ihrer vermehrten Masse wirkt, sondern ihre Wirkung auch noch dadurch

1) Es ist folglich hier und im Folgenden die Magnetisirung gerade umgekehrt bezeichnet, als bei Riefs.

verstärkt, daß sie in um so kürzerer Zeit den Draht durchläuft.

Der Entladungsschlag einer Batterie besteht nun aus einer Reihe sehr schnell aufeinander folgender Funken, deren Anfang und Ende, gerade wie früher in der Nadel, so hier im Nebendrahte entgegengesetzt elektrische Ströme induciren würde, wenn der Draht wegen seiner Länge eine so rasche Entstehung und Ausbildung dieser Ströme bis zu ihrem Maximum erlaubte. Durch den Widerstand, welchen der Draht der Bewegung der Elektrizität entgegensetzt, werden die dem Anfange und Ende jeder einzelnen Partialentladung entsprechenden Ströme gehindert werden, sich auszubilden, ja bei großer Heftigkeit, also bei sehr starken Ladungen, welche, wie wir gesehen haben, sich so verhalten, als ob sie in noch kürzerer Zeit sich bewegten, wird selbst der dem Anfange der ersten Partialentladung entsprechende Strom sich nicht gehörig ausbilden können, es wird die seiner Wirkung unterworfenen Nadel keinen oder nur einen schwachen Magnetismus annehmen. Das Ende der ganzen Ladung vermag aber mit voller Kraft auf den Nebendraht zu wirken, es wird also in diesem dann ein Strom entstehen, welcher dem ursprünglichen gleichgerichtet ist, und die Nadel, welche er schwach normal oder positiv magnetisirt vorfindet, in seinem Sinne, d. h. anomal oder negativ magnetisirt. Ist dieß die richtige Ansicht von dem Nebenstrom, so ist klar, daß alles, was die Leitung im Nebendrahte schwächt, ohne jedoch der inducirenden Wirkung des Hauptdrahtes Eintrag zu thun, also Einschaltung von Drahtlängen, die Bildung des Anfangsstromes und die demselben entsprechende normale Magnetisirung hemmen, und dem Endstrom die Nadel in fast nicht magnetischem Zustande überlassen wird. Es wird also bei gleichbleibender Induction des Hauptdrahts auf den Nebendraht durch Einschaltung von immer mehr Draht in die Nebenschließung die anomale Magnetisirung

immer früher eintreten, ja bei sehr großer eingeschalteter Drahtlänge wird die normale Magnetisirung gar nicht entstehen, sondern nur die anomale. Diesem letzten Fall entsprechend ist es auch, wenn man die Enden des Nebendrahts nicht durch eine Spirale oder andern Draht metallisch verbindet, sondern die Nebenschließung an einer Stelle ein wenig öffnet, so daß der Nebenstrom in Funken übergehen muß; es kommt hier auch nur die Induction von dem Aufhören des Funkens zu ihrer vollen Ausbildung. Da aber durch die Einschaltung von Drähten in die Nebenschließung in dieser die schnelle Bewegung der Elektrizität gehemmt wird, so wird auch die magnetisirende Wirkung schwächer werden; es wird also, obwohl anfangs bei Zusatz von geringen Drahtlängen die anomale Magnetisirung leichter erfolgt, bei größerem Zusatze durch die Verlangsamung des Stromes die Periode der anomalen Magnetisirung immer später erscheinen. — Dadurch, daß die Nebenschließung schlechter leitend gemacht wird, wird ihr Einfluß auf den Hauptstrom geschwächt, dieser kann sich schneller bewegen, wodurch ebenfalls die Entstehung der anomalen Magnetisirung bedingt wird.

Da Verkleinerung der Oberfläche der Batterie, wie oben schon angegeben, beschleunigend wirkt (wenn ich mich so ausdrücken darf), so wird natürlich dieselbe Quantität Elektrizität auf einer kleineren Oberfläche angesammelt früher die Umkehrung oder anomale Magnetisirung bewirken. So erzeugen z. B. neun Flaschen bei einer Ladung  $= 30$  erst die anomale Magnetisirung, während bei Anwendung von einer Flasche dieß schon bei acht geschehen ist (s. weiter unten).

Daß dickere Nadeln durch den Nebenstrom fast eben so leicht anomal magnetisirt werden als dünne, ist klar, weil ja der Endstrom die Nadel in nicht oder fast nicht magnetischem Zustande vorfindet; er hat also nicht viel Magnetismus zu vernichten, um den seinigen vor-  
wal-

waltend zu machen. Etwas später muß jedoch die normale sowohl als anomale Polarität sich zeigen, weil die magnetisirende Kraft bei der dicken Nadel stärker seyn muß als bei der dünnen.

Die Wirkung, welche eine Einschaltung im Hauptstrom auf die Magnetisirung durch den Nebenstrom ausüben wird, ist nach dem Mitgetheilten leicht zu finden; da durch diese Einschaltung der Hauptstrom, wenn auch nicht in seiner Masse geschwächt, so doch in der Zeit verlangsamt wird, so wird dadurch der Anfangsstrom an Zeit zu seiner Bildung und damit an Kraft gewinnen, um die ihm unterworfenen Nadel zu magnetisiren. Wird die Einschaltung in der Hauptschließung immer größer, so rückt die anomale Magnetisirung immer weiter auf stärkere Ladungen, und wird eine gewisse Gränze überschritten, so entsteht sie gar nicht mehr; die Nadel wird dann auch durch die stärkste Ladung nur normal magnetisirt.

Entfernt man den Haupt- und Nebendraht weiter von einander, so wird, da wir früher gesehen haben, daß der Anfang der Entladung stärker und weiter wirkt als das Ende, die inducirende Wirkung des Anfangs immer mehr die des Endes überwiegen. Hat man z. B. die Batterie so stark geladen, daß beim Entladen, wenn die beiden aufeinander wirkenden Drähte bloß 1 Linie von einander entfernt sind, der Endstrom vorherrscht, d. h. die Nadel anomal magnetisirt wird, so wird bei derselben Ladung durch Entfernen der beiden Drähte die Magnetisirung im anomalen Sinne immer schwächer werden, in einer gewissen Entfernung wird die Nadel gar keinen Magnetismus zeigen, in einer noch größeren dagegen normalen, d. h. sie wird durch den Anfangsstrom vorzugsweise (stärker als durch den Endstrom) magnetisirt. Je weiter man die Drähte entfernt, desto mehr überwiegt die Wirkung des Anfangsstroms, die Nadel erreicht das Maximum des normalen Magnetismus, und bleibt bei größerer Entfernung bis zur gänzlichen Verschwindung aller

**Wirkung normal.** Dies erklärt die von Henry schon beobachtete und in der oben angeführten Abhandlung erwähnte Erscheinung, daß, wenn man den Nebenstrom durch zwei ebene Drahtspiralen, von denen die eine in der Hauptschließung sich befindet, die andere aber die Nebenschließung bildet, erzeugt, eine Nadel durch den Nebenstrom bei starker Ladung der Batterie anomal magnetisirt wird, wenn die beiden Spiralen einander nahe stehen, dagegen bei derselben Ladung normal, wenn die Spiralen von einander entfernt werden.

Die im Folgenden mitgetheilten Versuche werden nun zeigen, daß die eben angegebene Theorie mit der Erfahrung in völligem Einklange steht. Die erste Reihe enthält diejenigen Drahtlängen des Haupt- und Nebendrahts, durch welche der Nebenstrom gebildet wurde, wobei, um ihn mehr zu verstärken, statt geradliniger Drähte, natürlich auch Spiralen angewandt wurden, von denen die eine die andere umgab oder ihr parallel war. Die zweite Reihe enthält die in dem Hauptstrome gemachte Einschaltung, wobei aber der Entlader und 9,6 F. Kupferdraht (von 0,6 Lin. Dicke) nicht mitgerechnet sind, weil sie in allen Versuchen vorhanden waren; sie müssen also stets zu dem angegebenen addirt werden. In der dritten Reihe findet sich die Einschaltung in die Nebenschließung, wobei aber die Silberspirale nicht mitgerechnet ist, weil sie ebenfalls in allen Versuchen vorhanden war. Die vierte Reihe enthält diejenige Ladung der Batterie, welche unter den versuchten als die stärkste noch positive Magnetisirung hervorbrachte, d. h. sie war noch erzeugt durch einen Strom, der dem Hauptstrom entgegengesetzt sich bewegte. Die fünfte Reihe enthält auf gleiche Weise diejenige der versuchten Ladungen, bei welcher, als der schwächsten, die Magnetisirung zuerst als anomal, also durch den Endstrom hervorgebracht, beobachtet wurde. Unterhalb der Angaben in der vierten Reihe war, wenn nichts weiter bemerkt, die Magnetisi-

rung stets normal, oberhalb der Angaben in der fünften Reihe stets anomal. Es hätte sich diese Gränze durch mehrere Versuche genau und scharf bestimmen lassen; es genügen aber die angegebenen Bestimmungen vollständig, um das Frühere zu beweisen. Wo nichts steht, wurde kein Versuch gemacht; wo k. M. steht, konnte keine Magnetisirung mehr erzeugt werden. — Die beiden ebenen Spiralen, jede von 50 F. Draht, waren auf Holzscheiben befestigt; von den andern Spiralen befand sich die innere in einer Glasröhre.

Erregung des Nebenstroms durch:	Einschaltung in die Haupt-schließung:	Einschaltung in die Neben-schließung:	Beob. Polarität, erzeugt durch:		Bemerkungen
			Anfangs-strom (norm.) bei Lad.	End-strom (anom.) bei Lad.	
1) Zwei Kupferdrähte, jeder 6 F. lang, einer in der Haupt-, der andere in der Nebenschließung; 2½ F. des letzteren lagen neben 2½ F. des ersteren, durch eine Glasröhre getrennt, in welcher sich der eine Draht befand.	o	o	15—30	40	zwischen 15 bis 30 scheint ein Wechsel angedeut. zu seyn, denn die Nadel ist bei 20 u. 25 nicht magnetisch, bei 15 und 30 aber normal.
89 F. Kupferdraht (0,6 Zoll dick).		o	15	40	Nadel bei 20, 25, 30 nicht magnetisch.
19 F. dicken Messingdraht als Spirale, neben welcher eine gleiche durch Glasröhre getrennte Spirale v. 19 F. des selben Drahts geschlossen.		o	20	30	

Erregung des Nebenstroms durch:	Einschaltung in die Hauptschließung	Einschaltung in die Nebenschließung	Beob. Polarität, erzeugt durch:		Bemerkungen
			Anfangsstrom (norm.) bei Lad.	Endstrom (anom.) bei Lad.	
	Ebenso, nur die zweite Spirale geöffnet.	o	30	50	würde wahrscheinlich schon bei 40 anomal geworden seyn, wenn es versucht wäre. bei 10 nicht magnetisch.
	Flache, in Holz gel. Kupfersp. von 50 F. dick. Dr. Zwei solcher Spiralen, also 100 F. Dr. Zwei F. dünner Eisendr.	o		20	
		o		30	bei 30 erst sehr schwach.
		o	40		ist vielleicht auch noch bei stärkeren Ladungen normal, es war nicht weiter versucht.
2) Die zwei ebenen Spiralen, jede von 50 F. Kupferdraht, der in Holzschelbene eingelassen war. Sie konnten durch Stellen in verschiedene Entfernungen gebracht werden. 9 Fl. in d. Batterie. Entfernung d. Spiralscheiben, 1 bis 1½ Linie.	o	12 F. Kupferdraht.	10—20	30	es scheint aber ähnlich wie oben bei 15 ein Minim. zu liegen.
Ebenso.	o	12 F. Kupferdr. u. 64 F. dünner Eisendraht.		10	



Erregung des Nebenstroms durch:	Einschaltung in die Hauptschließung	Einschaltung in die Nebenschließung	Beob. Polarität, erzeugt durch:		Bemerkungen
			Anfangsstrom (norm.) bei Lad.	Endstrom (anom.) bei Lad.	
Entfernung d. Spiralscheiben, 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linie.	o	12 F. Kupferdr. u. 265 Fuß dünner Eisendr.	k. M.	60	bei 30 und 40 nicht magnetisch.
1 Zoll	o	12 F. Kupferdraht.	20	30	bei genaueren Gränzbestimmungen würde sich ein Unterschied gefunden haben.
3 Zoll	o	desgl.	20	30	
6 Zoll	o	desgl.	40	60	
9 Zoll	o	desgl.	80	100	
24 Zoll	o	desgl.	150	k. M.	
5 Fl. in d. Batterie.					
Entfernung d. beiden Scheiben 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linie.	o	desgl.	15	22	
9 Zoll	o	desgl.	85	85	
2 Fl. in d. Batterie.					
Entfernung d. beiden Scheiben 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linie.	o	desgl.	10	15	bei 15 schien zwischen den Spiralen ein Funke übergeschlagen zu seyn.
1 Fl. in d. Batterie.					
Entfernung d. beiden Scheiben 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linie.	o	desgl.	5	8	bei 8 ebenso.
3) Zwei Spiralen aus dickem Messingdraht, jeder Draht 19 F. lang, getrennt durch eine Glasröhre.					
Hauptstrom in der äußeren, Nebenstrom in der inneren.	o	12 F. Kupferdraht.	30—40	50	Andeutung eines Minimums bei 10.
Ebenso.	o	12 F. Kupferdr. u. 9,6 F. dünner Eisendr.		30	bei 20 nicht magnetisch.

Erregung des Nebenstroms durch:	Einschaltung in die Hauptschließung	Einschaltung in die Nebenschließung	Beob. Polarität, erzeugt durch:		Bemerkungen
			Anfangsstrom (norm.) bei Lad.	Endstrom (anom.) bei Lad.	
Hauptstrom in der äußeren, Nebenstrom in der inneren.	9,6 F. dünner Eisendraht.	12 F. Kupferdraht.	150	k. M.	
Hauptstrom in der inneren, Nebenstrom in der äußeren.	o	desgl.	40	60	bei 50 ziemlich unmagnetisch.
4) Zwei Spiralen aus dickem Messingdraht, jeder Draht 2 F. lang, getrennt durch eine Glasröhre.					
Hauptstrom in der äußeren, Nebenstrom in der inneren.	o	o	90	150	bei 30 normal, bei 70 Null, bei 90 wieder normal, also Andeutung eines Minim.

Mit der oben aufgestellten Ansicht stimmen aber auch sämtliche Versuche von Riefs, Henry, Marianini und Matteucci. Ich will hier gleich das erste Beispiel von Riefs anführen <sup>1)</sup>. Alles übrige gleichgesetzt, unterschieden sich die beiden Versuchsreihen von Riefs nur dadurch, daß in dem einen Fall die Magnetisirungsspirale von Platindraht, im zweiten von Kupferdraht war.

Ladung	5	10	20	30	20**)	30**)
Platinspirale	-0,3	-3,2	-5,5	-6,5	-7,0	-10
Kupferspirale	+2	+2	+2		-4,7	-27.

1) Poggendorff's Annal., Bd. 47, S. 62, nur mit umgekehrten Vorzeichen.

2) Bei diesen mit \*\* bezeichneten Ladungen 20 und 30 war die Nebenschließung ein wenig geöffnet, so daß ein Funke übersprang. Die mit den Vorzeichen + und - versehenen Zahlen geben die Stärke des Magnetismus an.

Da der Pletindraht dünner ist und schlechter leitet, so muß natürlich die anomale (—) Magnetisirung um so früher eintreten; bei Unterbrechung der Nebenschließung tritt sie auch bei der Kupferspirale ein. Eben so lassen sich auch die übrigen von Riefs angestellten Versuche erklären, mit Ausnahme zweier auf S. 67 des 47. Bandes von Poggendorff's Annalen, wo bei 25 Flaschen und einer Ladung  $=40$ , und bei 5 Flaschen und einer Ladung  $=30$ , und geöffneter Nebenschließung (so daß ein Funke überspringen mußte) normale Magnetisirungen angegeben sind, obwohl bei um 10 schwächeren Ladungen in beiden Fällen schon anomale Magnetisirungen angegeben sind. Hier hat wahrscheinlich irgend ein Versehen stattgefunden.

Die Versuche Marianini's kenne ich nur aus dem Auszuge, welcher sich in den *Annales de chimie et de physique*, 3. série, t. X, findet. Obwohl er ein anderes Verfahren angewandt hat, als ich, ist er doch zu demselben Resultate gelangt. Er leitete nämlich den Nebenstrom durch eine Spirale, welche einen kleinen Eisencylinder umgab; über diesem hing eine Magnetsadel. Durch den Nebenstrom wurde die Nadel abgelenkt, und es zeigte sich bei schwachen Ladungen der Cylinder normal magnetisch, bei stärkeren anomal.

Henry's Versuche finden sich in Poggendorff's Annalen, Supplementband vom Jahre 1842; er hat nicht auf die Stärke der Elektricität, die er anwandte, geachtet, und seine Versuche sind dadurch unvollständig, stimmen aber alle mit den obigen überein. — Die Resultate aus den Versuchen von Matteucci führt Riefs an. (Repert. der Phys., Bd. 6, S. 222.)

Daß bei der angegebenen Entstehung des Nebenstroms die von Riefs auf den Pechflächen erhaltenen Figuren, und die Resultate, welche er durch den Condensator gewann, stets dieselben bleiben müssen, folgt aus der immer gleichen Zusammensetzung des auf diese

Weise erhaltenen Nebenstroms. Uebrigens sind die von Riefs <sup>1)</sup> zusammengestellten Figuren (auf den Pechflächen) und Magnetisirungen gar nicht vergleichbar, weil beide in einer Reihe stehende Angaben nicht durch denselben Versuch gewonnen wurden. Es ist nämlich, wie oben gezeigt wurde, zwischen einer geöffneten Nebenschließung, bei welcher die Figuren entstanden, und der geschlossenen, in welcher magnetisirt wurde, ein gewaltiger Unterschied, den Riefs übersehen hat; bei geöffneter Kette wird die Nadel stets anomal, weil nur der Endstrom wirkt, und dieser bestimmt auch die Figur. Es ist also stets die elektrische Figur und Magnetisirung übereinstimmend. Dasselbe gilt von den Versuchen mit dem Condensator; auch bei diesen war die Nebenschließung stets geöffnet, so daß ein Funke überspringen mußte. Der von Riefs aufgestellte Satz: »der Nebenstrom einer Batterie ist unter allen Umständen gleichgerichtet; seine Richtung im Nebendrahte ist vorherrschend die eines Stromes, der mit dem Hauptstrome im gleichen Sinne läuft«, gilt also nur bei der geöffneten Nebenschließung. Allgemein muß dieser Satz so heißen: Der Nebenstrom einer Batterie besteht aus zwei oder auch wohl mehreren entgegengesetzten Strömen; bei schwachen Ladungen oder großem Leitungswiderstande im Hauptdrahte ist der aus denselben resultirende Strom dem Hauptstrom entgegengesetzt, bei starken Ladungen oder großem Leitungswiderstande im Nebendrahte, demselben gleichlaufend. Ich habe absichtlich hinzugefügt: »oder auch wohl mehreren entgegengesetzten Strömen«, weil wir bei der Magnetisirung der Nadeln durch den Hauptstrom eine Reihe von Strömen entstehen sehen; ja aus vorstehenden Versuchen scheint hervorzugehen, daß auch bei guter Leitung in einem Nebendrahte Wechsel der Polarität, also mehr als zwei inducirte Ströme erhalten werden können.

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 51, S. 335.

### III. Ueber das Gesetz, nach welchem ein nicht isolirter Körper von der Innenseite der elektrischen Batterie angezogen wird;

von K. W. Knochenhauer.

Diese Annalen, Bd. 58, S. 216, habe ich zwei Versuchsreihen mitgetheilt, denen zufolge eine mit der Innenseite der Batterie verbundene Kugel eine andere nicht isolirte mit gleicher Kraft anzieht, wenn die jedesmaligen Ladungen der Batterie den Abständen der beiden Kugeln, gemessen zwischen den einander zunächst gelegenen Punkten der Oberflächen, proportional sind. Die Einfachheit dieses Gesetzes, welches überdies durch wiederholte Versuche leicht bestätigt werden kann, liefs mich darauf denken, eine Herleitung desselben mit Hülfe der ebendaselbst, S. 43, mitgetheilten Formel für die Quantität der gebundenen Elektricität zu versuchen; denn da diese Formel nach meiner Ansicht durch meine neuen Beobachtungen über den Nebenstrom, wie man übrigens auch den Zusammenhang zwischen beiden Vorgängen auffasse, eine Bestätigung erhalten hat, und ganz abgesehen von ihrer Form jedenfalls zur Berechnung annähernd genaue Zahlenwerthe liefert, so verband sich mit dieser Untersuchung für mich das besondere Interesse, an einem so ganz einfachen Falle zu zeigen, dafs mit der Annahme der genannten Formel die übrigen Hergänge nach dem wohl allgemein anerkannten Gesetze, dafs gegenseitig gebundene Elektricitäten sich umgekehrt nach dem Quadrate ihrer Entfernungen anziehen, ohne weitere Schwierigkeiten erklärt werden könnten.

Zur vollen Sicherstellung der vorliegenden Untersuchung möge zuvörderst die an sich zwar unverfängliche Annahme, dafs die Intensität der freien Elektricität

auf der Innenseite der Batterie der Ladung derselben proportional bleibt, durch directe Versuche bestätigt werden. Man erreicht diesen Zweck, wenn man die Innenseiten zweier gut isolirten Batterien, *A* und *B*, durch die beiden Arme eines Henley'schen Ausladers mit seinen getrennten Kugeln *C* verbindet, und zugleich die äusseren Belegungen in ununterbrochene leitende Verbindung setzt. Bringt man hiernach ausen die Lane'sche Flasche an und ladet die Batterie *A*, so wird, nach einer gewissen Zahl von Ueberschlägen der Lane'schen Flasche, der Funke über die Kugeln *C* springen und *B* gleichfalls so weit laden, dass in beiden Batterien, bis auf das Residuum, das bekanntlich in *A* bleibt, vollkommenes Gleichgewicht der freien Elektricitäten stattfindet. Wenn nun die freie Elektricität sich zur Ladung streng proportional erhebt, so muss bei fortgesetzter Ladung von *A* ein abermaliger Funke über *C* erst entstehen, sobald die von Neuem in *A* hinzugeführte Quantität der Elektricität mit Einrechnung des Residuums der bis zur ersten Entladung verbrauchten gleich ist; und ebenso weiter bei erneuerten Entladungen. Sollte sich dagegen die freie Elektricität nur in etwas abweichender Weise von der Annahme entwickeln, so wird die vermehrte oder verminderte Zahl der Selbstentladungen der Lane'schen Flasche dieß unmittelbar angeben. Bei den Versuchen wurde, nach dem ersten Ueberschlag über *C* die Batterie *B* durch Verbindung ihrer Innen- und Aussen-seite zunächst wiederum entladen, indem sich damit auch *A* über *C* weg entlud und das Residuum in *A* blieb, so dass jetzt der erste neue Ueberschlag sogleich die erforderliche Zahl der Lane'schen Maassquanta angab, die, unabhängig von dem Residuum, zur ersten Entladung von *A* erfordert wird. Man findet in den nachstehenden Beobachtungsreihen, wo *A* aus 3, *B* aus 1 Flasche bestand, und die Abstände der Kugel *C* beliebig verändert wurden, in der ersten Horizontalreihe die

Zahl der Maafsquanta bis zur ersten Entladung der von Elektrizität noch ganz freien Batterie *A*; in der zweiten dieselbe Zahl, nachdem durch Entladung von *B* auch *A* über *C* weg entladen und in *A* das Residuum geblieben war; in den folgenden endlich die Zahlen, wenn hierauf *A* unausgesetzt weiter geladen wurde, bis immer neue Funken über *C* erfolgten. Die Versuche wurden abgebrochen, sobald die Batterien die ihnen mitgetheilten Ladungen nicht mehr mit Sicherheit hielten.

## 1. Reihe.

					Mittel.
8	7 $\frac{1}{2}$	8	7 $\frac{1}{2}$	8	7,9
7	7	7	7	7	7,0
7	7	7	7	7	7,0
7	7	7	7	6 $\frac{1}{2}$	6,95
7	7	7	7	6 $\frac{1}{2}$	6,95

## 2. Reihe.

				Mittel.
15	15	15		15,0
14	13	14		13,7
13	14	13 $\frac{1}{2}$		13,5
13	13 $\frac{1}{2}$	13 $\frac{1}{2}$		13,3

## 3. Reihe.

				Mittel.
19	18	19	18 $\frac{1}{2}$	18,7
17	17	17	17	17,0
16	17	17	17	16,8
17	16	17	16 $\frac{1}{2}$	16,6
16	17	17	16 $\frac{1}{2}$	16,6

## 4. Reihe.

				Mittel.
23 $\frac{1}{2}$	24	24	23 $\frac{1}{2}$	23,8
22	21 $\frac{1}{2}$	21 $\frac{1}{2}$	21 $\frac{1}{2}$	21,6
22	21 $\frac{1}{2}$	21 $\frac{1}{2}$	21 $\frac{1}{2}$	21,6
21 $\frac{1}{2}$	21	21	21	21,2

## 5. Reihe.

			Mittel.
29 $\frac{1}{2}$	29 $\frac{1}{2}$	29 $\frac{1}{2}$	29,6
26 $\frac{1}{2}$	26	26	26,2
27	26	26	26,3

Die vorstehenden Reihen, deren Differenzen zu unbedeutend sind, bestätigen also den Satz, dafs sich im Innern der Batterie die freie Elektrizität proportional zur gesammten Ladung entwickelt.

Zu den Hauptversuchen wurde eine Messingkugel von 19 Par. Lin. Durchmesser mit ihrem senkrecht nach unten gehenden Drahte in einer gläsernen Röhre befestigt, und konnte in einem passenden, tiefer zurücktretenden Gestelle in beliebiger Höhe eingestellt werden. Der untere Theil ihres Drahtes stand durch einen be-

weglichen Horizontaldraht mit der Innenseite der aus 4 Flaschen gebildeten Batterie in Verbindung. Ueber der Kugel war an einem langen Waagebalken, und zwar an einem von dessen Ende auslaufenden Drahte eine horizontale Messingscheibe von  $24\frac{3}{4}$  Lin. Durchmesser befestigt, deren Schwere, durch Gegengewicht ausgeglichen, noch einen Zusatz von  $2\frac{1}{4}$  Gran verlangte, um den am andern Ende unterstützten Waagebalken auf ihrer Seite zum Niedersinken zu bringen. Stellte man nun die Kugel in eine bestimmte, im Lichten gemessene Entfernung von der Platte, so erfolgte nach einer bestimmten, durch die Ueberschläge an der Lane'schen Flasche gemessenen Ladung der Batterie Anziehung der Platte, und die Batterie entlud sich über den Waagebalken, indem die Pfannen, worin die Schneiden ruhten, mit dem Boden in leitende Verbindung gesetzt waren. Offenbar ist die Attractionskraft immer dieselbe, aus welcher Entfernung auch die Platte auf die Kugel niedersinkt. — Allein zur richtigen Bestimmung der freien, auf der Kugel befindlichen Elektrizität, und ferner wegen ihrer Wirkungsweise auf die von ihr gebundene mußten noch zwei Untersuchungen vorangehen. In Betreff des ersten Punktes nämlich ist es zwar einleuchtend, daß die freie Elektrizität auf der Kugel mit der Ladung der Batterie proportional bleibt; allein da die Lane'sche Flasche mit der isolirten Außenseite in Verbindung steht und sich erst entladet, wenn die freie Elektrizität auf dieser Seite eine Intensität bis zum Ueberschlag über ihre Kugeln erlangt hat, so vermehrt sich mit dieser äußeren freien Elektrizität auch die freie im Innern der Batterie; sie wagt von jeder Entladung der Lane'schen Flasche bis zur andern auf und geht mit jedem neuen Schläge wieder zurück. Deshalb sieht man auch die Platte erst sinken, wenn die Lane'sche Flasche sich eben entladen will, und war der Zug nicht stark genug, um die Platte schnell herunterzuführen, so kehrt sie wohl nach dem Schläge zurück



und kommt erst kurz vor dem neuen herunter. Bei meinen früheren Versuchen war ich diesem Uebelstande dadurch entgegengetreten, dafs ich den isolirten Waagebalken mit der äufseren Belegung der Batterie in leitende Verbindung gesetzt hatte, und dadurch das innere und äufserer Aufschwellen der freien Elektricitäten sich aufheben liefs. Allein bei den jetzigen Versuchen, wo es nur auf den richtigen Werth der beobachteten Zahlen ankam, schien mir diefs Verfahren nicht mehr statthaft zu seyn, da keine Sicherheit vorlag, dafs die auf der Kugel und der Platte befindlichen freien Elektricitäten, die aus dem Anschwellen entspringen, auf beiden Seiten von ganz gleicher Intensität auftreten; ja die verschiedene Form der beiden Seiten wies diese Annahme entschieden zurück. Ich setzte daher die Platte mit dem Erdboden in leitende Verbindung, damit sie nur gebundene Elektricität enthielte, und bestimmte die Gröfse der durch das Anschwellen vermehrten Intensität der Kugel dadurch, dafs ich in einem besonderen Versuche die Batterie über die Kugeln der Lane'schen Flasche entlud, und die Umdrehungen der Scheibe zählte, die bis zu dieser Entladung erforderlich waren; wurden hierauf die Lane'schen Schläge gezählt, die beim Laden der Batterie der gefundenen Zahl der Scheibenumdrehungen entsprachen, so gaben diese die Zahl, die bei den späteren Versuchen zur Ladung der Batterie, so weit sie nach der Lane'schen Flasche bestimmt war, noch hinzugelegt werden mußte, um die Intensität auf der Kugel zu haben, welche eben die Anziehung der Platte bedingte. Ich würde sicher die Batterie überhaupt nicht isolirt und ihre Ladung nach den Umdrehungen der Scheibe gezählt haben, wobei in der That die Platte stätiger und ruhiger sinkt, wenn nicht bei dem etwas feuchten Wetter der Verlust der Batterie noch zu grofs gewesen wäre, um die Umdrehungen, besonders bei stärkeren Ladungen, als Maafs derselben zu nehmen. — Was ferner die Wir-

kungsweise der Elektricität auf die von ihr gebundene betrifft, so könnte bei dem noch schwankenden Stande unserer Kenntnisse leicht ein Zweifel darüber obwalten, ob bei gleichem Abstände der Platte von der Kugel die gegenseitige Attraction zu dem Producte der beiden Elektricitäten proportional stehe, dafs also, wenn man die Batterie mit  $q$  Quanta ladet, wo die Gröfse der gebundenen Elektricität gleichfalls mit  $q$  proportional ist, die Attractionskraft sich im Verhältnisse von  $q^2$  steigere. Um hierüber Gewifsheit zu erhalten und zugleich den vorher berührten Punkt über die Vergrößerung der unmittelbar beobachteten Maafsquanta zu erörtern, stellte ich die Kugel in etwa 6 Lin. Abstand von der Platte, beobachtete zuerst nach Umdrehungen der Scheibe die Gröfse der erforderlichen Ladung, wenn nur die Platte allein; dann wenn sie bei Einsatz von 4, 8 und 12 Gran in eine am andern Ende des Waagebalkens angebrachte Schale niederbewegt werden sollte; zweitens bestimmte ich dieselben Ladungen nach der Lane'schen Flasche, nachdem die Batterie isolirt war. Es ergaben sich folgende Zahlen als Mittel aus je drei, in No. 1 vollkommen, in No. 2 ziemlich genau übereinstimmenden Beobachtungen.

No. 1.

$E$	$U$	$U^2$	$D$ 4 Gr.
0	$5\frac{1}{2}$	27,6	49
4	$8\frac{1}{2}$	76,6	50
8	$11\frac{1}{2}$	126,6	62,5
12	$13\frac{1}{2}$	189,1	

No. 2.

$E$	$q$	$q^2$	$D$ 4 Gr.	$q$ corr.	$q^2$	$D$ 4 Gr.
0	$6\frac{1}{2}$	42,2	160,9	$11\frac{1}{2}$	132	239
4	$14\frac{1}{2}$	203,1	187,0	$19\frac{1}{2}$	371	241
8	$19\frac{1}{2}$	390,1	210,1	$24\frac{1}{2}$	612	258
12	$24\frac{1}{2}$	600,2		$29\frac{1}{2}$	870	

In No. 1 giebt  $E$  den Einsatz in die Schale nach Granen an,  $U$  die erforderlichen Umdrehungen der Scheibe,

bis die Anziehung der Platte erfolgte,  $U^2$  die Quadrate der Ladungen, und  $D$  die Attractionskraft, um 4 Gr. zu bewegen. Da die Zahl 62,5 etwas zu groß ist, so zeigt sich hierin die Unvollkommenheit der Zählung nach Umdrehungen der Scheibe. Die Richtigkeit der Attractionskraft wird durch die GröÙe 27,6 bestätigt, welche, wie oben bemerkt wurde, einem Gewichte von  $2\frac{1}{3}$  Gr. entsprechen muß, und wir finden  $\frac{50 \cdot 2\frac{1}{3}}{4} = 28\frac{1}{2}$ , wie es die

Beobachtung fordert. In No. 2 wurden die Ladungen der Batterie nach den Schlägen  $q$  der Lane'schen Flasche gezählt, und man findet in der zweiten Columnne die wirklich beobachteten Zahlen; auch hier scheinen die Differenzen für 4 Gr. zu stimmen, und würden im Mittel 186 ergeben; allein 42,2 bei 0 Einsatz entspräche gegen die Wirklichkeit nur einer Belastung von 1 Gr. Es waren aber zum Ueberschlag über die Kugeln der Lane'schen Flasche eine Ladung der Batterie von 5–6  $q$  erforderlich; addirt man daher 5 zu den beobachteten Zahlen, so ist die Differenz auf 4 Gran = 246 und  $\frac{246 \cdot 2\frac{1}{3}}{4} = 138,4$ , welche GröÙe nun erst mit der beob-

achteten 132 übereinstimmt. — Nach diesen Voruntersuchungen wurde das so eben verfolgte Verfahren mit Einlage verschiedener Gewichte auch zu den nachstehenden Hauptversuchen beibehalten, um genaue Zahlen zu erhalten. Leider verlangte das etwas feuchte Wetter, daß wegen der Verluste bei stärkeren Ladungen überhaupt etwas schneller gedreht werden mußte, so daß die Anziehung etwas stoßweise erfolgte; dieß brachte eine geringe Einwirkung auf die Beobachtungen bei 0 Gr. Einsatz hervor, die meistens nur einer Belastung von 2 Gr. entsprechen; doch da alle Beobachtungen unter gleichen Verhältnissen angestellt wurden, so gleichen sich die Fehler in den Differenzen aus. Beide Reihen machte ich doppelt, und gebe die Mittelzahlen aus je drei Beob-

achtungen; in der ersten ist  $q$  um 7, in der zweiten um 6 vermehrt, da bei beiden der Abstand der Kugeln an der Lane'schen Flasche nicht ganz gleich war. Die Bedeutung der Zeichen ist wie vorher in No. 2, und die Distanzen  $d$  zwischen Platte und Kugel, zu 3 Lin. als Einheit genommen, wurden von 1 bis 5  $d$  verändert.

## 1. Reihe.

E	1 d.				D 8 Gr.
	$q$	$q$ Mitt.	$q^2$		
8	19½	18	18½	349	301
16	26½	24½	25½	650	311
24	31½	30½	31	961	
2 Gr. Mittel = 76,5					

E	2 d.				D 2 Gr.
	$q$	$q$ Mitt.	$q^2$		
0	13½	13	13½	178	177
2	19	18½	18½	355	182
4	23½	22½	23½	537	174
6	26½	26½	26½	711	219
8	30½	30½	30½	930	
2 Gr. Mittel = 188					

E	3 d.				D 2 Gr.
	$q$	$q$ Mitt.	$q^2$		
0	20½	18½	19½	387	306
2	27½	25	26½	693	374
4	33½	31½	32½	1067	390
6	38½	37½	38½	1457	365
8	42½	42½	42½	1822	
2 Gr. Mittel = 359					

E	4 d.				D 2 Gr.
	$q$	$q$ Mitt.	$q^2$		
0	25	24½	24½	608	571
2	35	33½	34½	1179	585
4	42½	41½	42	1764	556
6	48½	47½	48½	2320	
2 Gr. Mittel = 571					

E	5 d.				D 2 Gr.
	$q$	$q$ Mitt.	$q^2$		
0	30	29½	29½	890	791
2	41	41	41	1681	852
4	50½	50	50½	2533	
2 Gr. Mittel = 821.					

Stellt man die für eine Attraction von 2 Gr. gefundenen Werthe zusammen, indem man aus ihnen  $q$  ableitet, so ergibt sich:

$d$  |  $q$  für 2 Gr.

1	8,75
2	13,71
3	18,94
4	23,89
5	28,65

## 2. Reihe.

1 d.				
$E$	$q$	$q$ Mitt.	$q^2$	$D$ 8 Gr.
8	$16\frac{2}{3}$	16	$16\frac{1}{3}$	267
16	$23\frac{1}{3}$	$22\frac{2}{3}$	23	529
24	$29\frac{2}{3}$	29	$29\frac{1}{3}$	860
32	$34\frac{1}{3}$	$34\frac{1}{3}$	$34\frac{1}{3}$	1111
2 Gr. Mittel = 70				

2 d.				
$E$	$q$	$q$ Mitt.	$q^2$	$D$ 2 Gr.
4	$20\frac{1}{3}$	$20\frac{2}{3}$	$20\frac{1}{3}$	420
6	$24\frac{2}{3}$	$23\frac{2}{3}$	$24\frac{2}{3}$	584
8	$27\frac{1}{3}$	$27\frac{2}{3}$	$27\frac{1}{3}$	756
10	$29\frac{2}{3}$	30	$29\frac{2}{3}$	890
12	33	33	33	1089
2 Gr. Mittel = 167				

3 d.				
$E$	$q$	$q$ Mitt.	$q^2$	$D$ 2 Gr.
0	$14\frac{2}{3}$	$14\frac{1}{3}$	$14\frac{1}{3}$	210
2	22	22	22	484
4	$28\frac{2}{3}$	$28\frac{1}{3}$	$28\frac{1}{3}$	812
6	34	$33\frac{2}{3}$	$33\frac{2}{3}$	1133
8	$38\frac{1}{3}$	$38\frac{1}{3}$	$38\frac{1}{3}$	1469
2 Gr. Mittel = 307				

4 d.				
$E$	$q$	$q$ Mitt.	$q^2$	$D$ 2 Gr.
0	$19\frac{1}{3}$	19	$19\frac{1}{3}$	367
2	$28\frac{1}{3}$	$27\frac{2}{3}$	28	784
4	$36\frac{2}{3}$	$35\frac{1}{3}$	36	1296
6	43	$43\frac{1}{3}$	$43\frac{1}{3}$	1863
2 Gr. Mittel = 499				

## 5 d.

$E$	$q$	$q$ Mittel	$D$ 2 Gr.
0	$23\frac{1}{3}$	$23\frac{2}{3}$	552
2	$35\frac{2}{3}$	$35\frac{2}{3}$	1272
4	$45\frac{1}{3}$	45	2040

2 Gr. Mittel = 744

Hieraus ergibt sich:

$d$	$q$ für 2 Gr.
1	8,37
2	13,00
3	17,52
4	22,34
5	27,28

Da in der letzteren Reihe die Maafseinheit  $q$  gröfser als in der ersteren ist, so hat man die gefundenen Zahlen

mit 1,06 zu multipliciren, und erhält dann aus beiden folgende Zusammenstellung:

$d$	$q$ für 2 Gr.		$q$ im Mittel
1	8,75	8,87	8,85
2	13,71	13,78	13,75
3	18,94	18,57	18,75
4	23,89	23,68	23,78
5	28,65	28,92	28,78

Somit bestätigt sich dann auch hier wieder die frühere Beobachtung, daß die zu gleicher Attraction erforderlichen Ladungen der Batterie mit den Distanzen proportional wachsen. Wenn ich indess früherhin zu diesem Resultate mit weniger Umständen gelangt bin, so muß ich die Schärfe jener Beobachtungen theils der damals besonders günstigen, so sehr trocknen Witterung, theils dem Umstande zuschreiben, daß bei Isolirung des Waagebalkens selbst Bruchtheile der Lane'schen Flasche gezählt werden können, was bei der jetzigen Einrichtung aus dem oben angegebenen Grunde nicht möglich war.

Gehen wir nun zur Berechnung über. Nach der, Bd. 58, S. 214, mitgetheilten Formel ist bei einer Ladung der Kugel  $= A$  die gebundene Elektricität auf der Platte in der Distanz  $d = B = A\alpha(0,70736)^{\sqrt{d}}$ , worin  $\alpha$  eine unbekannte Constante bezeichnet; diese gebundene Elektricität bindet auf der Kugel eine neue Quantität  $= C = B\beta(0,70736)^{\sqrt{d}}$ , wenn wir mit  $\beta$  eine neue Constante einführen, die möglicherweise von  $\alpha$  verschieden seyn kann. In aller Strenge wird zwar  $B$  von  $A+C$  gebunden, und da die Formel nur  $B$  in seiner Abhängigkeit von  $A$  angiebt, so wäre für  $C$ , das von  $B$  abhängt, eine Correction nach derselben Einheit erforderlich; indess ist  $C$  gegen  $A$ , mit Ausnahme bei  $d=1$  eine unbedeutend kleine Größe, und die Reduction würde nur einen sehr geringen Einfluß auf das Endresultat ausüben. Ueber den Ort dieser Elektricitäten wissen wir allein, daß  $A$  in seinem freien Zustande gleichmäßig auf der Kugel vertheilt ist, dagegen kennen wir weder die

Vertheilung von  $B$  noch von  $C$  auf der Platte und der Kugel; wenn wir indess voraussetzen dürfen, daß sie, gegenseitig angezogen, so weit als nur möglich gegen einander vorrücken werden, so können wir  $B$  auf die Mitte der Platte und  $C$  auf dem obersten Punkt der Kugel ansetzen. Nehmen wir dann den Radius der Kugel  $= r = 3\frac{1}{2}d$ , so bekommen wir die Attractionskraft aus:

$$\frac{A^2 \alpha (0,70736)^{\sqrt{d}}}{(r+d)^2} + \frac{A^2 \alpha^2 \beta (0,70736)^{3\sqrt{d}}}{d^2},$$

welche Gröfse für 2 Gr. berechnet immer constant ist. Da aber  $A = mq$  oder mit  $q$  proportional bleibt, so ist auch:

$$\frac{q^2 (0,70736)^{\sqrt{d}}}{(r+d)^2} + \frac{q^2 \alpha \beta (0,70736)^{3\sqrt{d}}}{d^2} = \text{Const.}$$

Zur Bequemlichkeit der Rechnung setze man die vorher gefundenen Mittelwerthe von  $q$ , die mit einander ausgeglichen  $8\frac{3}{4}$ ,  $13\frac{3}{4}$ ,  $18\frac{3}{4}$ ,  $23\frac{3}{4}$ ,  $28\frac{3}{4}$  geben, durch Multiplication mit  $\frac{4}{3}$  auf 7, 11, 15, 19, 23, und füge für  $9d$  noch 39 und zur Vergleichung auch 40 hinzu, da sich die früheren Versuche bis auf  $8d$  erstreckt haben, ohne eine Abweichung von dem Gesetze zu zeigen. Die Berechnung liefert hiernach folgende Tabelle:

$d$	$q$	Const.	Const. bei $\alpha\beta=0,18.$
1	7	1,996 + 17,343 $\alpha\beta$	5,118
2	11	2,778 + 6,963 $\alpha\beta$	4,031
3	15	3,248 + 4,137 $\alpha\beta$	3,993
4	19	3,517 + 2,826 $\alpha\beta$	4,026
5	23	3,657 + 2,074 $\alpha\beta$	4,030
9	39	3,637 + 0,833 $\alpha\beta$	3,787
9	40	3,826 + 0,876 $\alpha\beta$	3,984

Sehen wir hiernach auf die Aenderungen in den obigen Zahlen, welche eine Aenderung in unseren Annahmen hervorbringen würde, so würden zunächst, wenn wir die Elektrizität  $B$  auf der Platte weiter ausgedehnt und nicht im Mittelpunkte derselben allein concentrirt ansähen, die Werthe 1,996, 2,778 u. s. w. etwas fallen, und zwar bei  $d=1$  am stärksten, da die wirkenden

Kräfte zum Theil schräg gegen die Platte gerichtet wären; dies brächte uns 3,639 bei  $d=9$ , im Vergleich zu den übrigen Zahlen, etwas höher hinauf, wie es für das Endresultat auch wünschenswerth wäre. Eine ähnliche Erhebung dieser Reihe nach ihrem Ende zu brächte eine Berücksichtigung des an der Kugel befindlichen Drahtes hervor, da sein zwar geringer Einfluss, relativ genommen, doch größer ist, wenn sich die Platte weiter von der Kugel befindet. Berücksichtigen wir ferner, dass die Elektricität  $C$  nicht gerade auf dem obersten Punkte der Kugel vereinigt ist, sondern sicher ihren Mittelpunkt der Anziehung etwas tiefer hat, so ändert sich das Endresultat vornehmlich bei  $d=1$ , viel weniger schon bei  $d=2$ , und weiter abwärts immer in unbedeutenderem Grade. Wäre nämlich bei  $d=1$  der Mittelpunkt von  $C$  nur  $\frac{1}{2}$  Linie unter dem obersten Punkte der Kugel, so stellte sich die Attractionskraft auf  $1,996 + 12,762 \alpha\beta = 4,293$ , läge er 1 Linie tiefer, so bekäme man schon  $1,996 + 9,755 \alpha\beta = 3,752$ . Man sieht also hieraus, dass die oben gefundene Abweichung bei  $d=1$  keine Schwierigkeit darbietet. — Dies wären die Aenderungen in den Endresultaten, die aus der Veränderung der Annahmen entstehen; sie schreiten, wie man leicht sieht, durch die ganze Reihe gleichmäfsig fort, und können deshalb die oben durch den angenommenen Werth für  $\alpha\beta=0,18$  hergestellte Gleichheit nicht wieder verrücken. So glaube ich denn in der vorstehenden Berechnung den Beweis geliefert zu haben, dass wenn bei späteren Untersuchungen sich das Gesetz bewährt, dass gegenseitig gebundene Elektricitäten sich umgekehrt im Quadrate ihrer Entfernungen anziehen, die Quantität der gebundenen Elektricität ihrem Zahlenwerthe nach mit der von mir bisher aufgestellten Formel nahe übereinstimmen müsse, wenn auch diese Formel, auf theoretischem Wege gefunden, eine ganz andere Form, als die von mir empirisch abgeleitete, annehmen sollte.

Meiningen, im Mai 1845.



IV. *Ueber die Veränderungen, welche die strahlende Wärme durch diffuse Reflexion erleidet; von H. Knoblauch in Berlin.*

(Aus den Monatsberichten der Academie. Mai 1845.)

Die Diffusion der von rauhen, nicht spiegelnden Flächen reflectirten Wärme ist bekanntlich von Hrn. Melloni nachgewiesen worden. Derselbe hat dabei beobachtet:

dafs Kienrufs eine fast unmerkbare Diffusion zeigt;  
dafs rauhe Metallflächen die Wärme jeder Quelle mit gleicher Intensität reflectiren;

dafs aber andere Körper die Wärme, nach der Natur ihrer Quelle, mit verschiedener Intensität zurücksenden; Resultate, welche durch die, von demselben berühmten Physiker nachgewiesene, ungleiche Absorption gewisser Körper für verschiedenartige Wärmestrahlen bestätigt werden.

Ueber die Natur der diffus reflectirten Wärme selbst sind noch keine Versuche angestellt worden. — Indefs liefsen die vielen Analogien, welche Hr. Melloni, namentlich in Betreff der Durchstrahlung, zwischen den Licht- und Wärmeerscheinungen aufgefunden hat, erwarten, dafs die diffus reflectirte Wärme ähnliche Verschiedenheiten zeigen würde, wie sie beim diffus reflectirten Lichte beobachtet werden.

Das geeignetste Mittel, diels zu untersuchen, bot die Durchstrahlung durch diathermane Körper dar. Es fragte sich also: ob die Wärme gewisse diathermane Substanzen in ungleichem Verhältnifs durchstrahlen würde, je nachdem sie unreflectirt oder von verschiedenen Flächen diffus reflectirt ist.

Diese Frage ist auf folgende Weise entschieden worden:

Wirkte die Wärme einer Argand'schen Lampe dergestalt auf eine Thermosäule ein, daß die astatische Doppelnadel eines mit ihr verbundenen Multiplicators, z. B. auf  $20^{\circ}$ , abgelenkt wurde, so ging diese auf  $12^{\circ}$  zurück, wenn man eine Kalkspathplatte von 3,7 Millimeter Dicke zwischen die Wärmequelle und Thermosäule einschaltete. Jene  $12^{\circ}$  entsprachen der durch den Kalkspath hindurchgehenden Wärme. Liefs man aber die Wärme der Argand'schen Lampe von einer Carminfläche reflectiren, so daß die auf das Thermoskop wirkende reflectirte Wärme die Multiplicatornadel wieder auf  $20^{\circ}$  ablenkte, und schaltete alsdann dieselbe Kalkspathplatte zwischen die reflectirende Fläche und die Thermosäule ein, so ging die Nadel nur auf  $17^{\circ}$  zurück. Die von Carmin reflectirte Wärme ging mithin verhältnißmäßig besser als die unreflectirte durch Kalkspath hindurch.

Wurde die Wärme der Argand'schen Lampe von schwarzem Papier reflectirt, und zwar so, daß sie die Multiplicatornadel wieder auf  $20^{\circ}$  ablenkte, und wurde dieselbe Kalkspathplatte, wie im vorigen Falle, zwischen die reflectirende Fläche und die Thermosäule eingeschaltet, so wich die Nadel auf  $10^{\circ},5$  zurück. Die von schwarzem Papier reflectirte Wärme ging also schlechter als die unreflectirte durch Kalkspath hindurch.

Liefs man ferner die Wärme derselben Quelle von Gold reflectiren, brachte abermals die directe Ablenkung von  $20^{\circ}$  hervor, und schaltete wiederum die Kalkspathplatte ein, so ging die Nadel, wie bei der unreflectirten Wärme, auf  $12^{\circ}$  zurück. Die von Gold diffus reflectirte und die unreflectirte Wärme durchstrahlen folglich die Kalkspathplatte in völlig gleichem Verhältniß<sup>1)</sup>).

Somit ergab sich, daß der Durchgang der Wärme durch Kalkspath durch die Reflexion von Carmin relativ verbessert, durch die von schwarzem Papier vermin-

1) Die Zuverlässigkeit der angegebenen Zahlen kann auf halbe Grade verbürgt werden.

dert, durch die von Gold nicht geändert wurde. Die Wärme erlitt also durch die Reflexion von Carmin und schwarzem Papier Veränderungen, welche bei ihrem Durchgange durch diathermane Substanzen hervortraten.

In bezeichneter Weise hat der Verfasser die Wärme von mehr als 70 verschiedenen Körpern reflectiren lassen, und ihren Durchgang nach der Reflexion — immer im Vergleich mit dem der unreflectirten — durch Kalkspath, Gyps, Alaun, rothes, blaues Glas und Steinsalz untersucht.

Die eigene Erwärmung der reflectirenden Flächen suchte er dadurch zu verhindern, daß er sie als Seitenflächen eines mit Wasser von der Temperatur der Umgebung gefüllten Metallwürfels anwandte. — Wie weit er seinen Zweck durch dieses Mittel erreichte, geht unter Anderem daraus hervor, daß die berufste Fläche, welche unter allen die Wärme am besten absorbirte und ausstrahlte, eine kaum merkbare Ablenkung am Thermomultiplicator hervorbrachte; wenn sie der Wärmequelle ausgesetzt wurde.

Die beim Durchgange der Wärme durch diathermane Körper beobachteten Verschiedenheiten rührten nicht von einem Zusammenwirken der reflectirten und der eigenen ausgestrahlten Wärme her; denn es zeigten sich durchaus keine Unterschiede, wenn dieselbe Substanz von verschiedener Raubheit angewandt wurde, obgleich die Wärme alsdann in ungleichem Verhältniß absorbirt und — im Fall eigener Erwärmung — in ungleichem Verhältniß ausgestrahlt wurde.

Die von den reflectirenden Flächen ausgestrahlte Wärme hätte überdies, durch ihren Hinzutritt zu der reflectirten, die oftmals beobachtete relative Verbesserung des Durchganges nicht herbeiführen können, da sie durch alle angewandten diathermanen Substanzen schlechter als die von den leuchtenden Quellen ausgesandte Wärme hindurchgeht. — Ueberhaupt haben die verschie-

densten Prüfungen gezeigt, daß die eigene Ausstrahlung der reflectirenden Körper, selbst wenn sie stattgefunden hat, so vollkommen gegen die diffuse Wärmer reflexion verschwunden ist, daß sie auf die Resultate der Untersuchung keinen Einfluß gehabt hat.

Von dem Grade der Rauheit und der Neigung der reflectirenden Flächen gegen die Wärmequelle und Thermosäule war der Durchgang der Wärme durch die diathermanen Körper natürlich unabhängig, da man es nur mit diffuser Wärme zu thun hatte.

Die auf die oben angegebene Weise angestellten Versuche haben gezeigt, daß die von den verschiedenen Körpern reflectirte Wärme

- 1) entweder in gleichem Verhältniß, wie die unreflectirte, durch alle eingeschalteten Medien hindurchgeht;
- 2) oder ihr Durchgang für alle mehr oder minder (verhältnißmäßsig) verbessert;
- 3) oder für alle mehr oder weniger verschlechtert;
- 4) oder endlich für einige verbessert, für andere verschlechtert wird.

So ist die von Metallen (selbst von Schwarzblech) reflectirte Wärme durch die genannten diathermanen Medien nicht von der unreflectirten zu unterscheiden.

Die vom Carmin und weißem Sammt reflectirte Wärme geht bedeutend besser als die unreflectirte durch alle hindurch.

Die von schwarzem Papier reflectirte durch alle schlechter als die unreflectirte.

Die von schwarzem Sammt reflectirte Wärme geht durch Kalkspath, Alaun und Gyps besser, durch Steinsalz eben so gut, durch rothes und blaues Glas schlechter als die unreflectirte.

*Es ist also eine zweifellose Thatsache: daß die Wärme durch diffuse Reflexion (hinsichtlich ihres Durchganges durch diathermane Substanzen) in sehr verschie-*

*dener Weise von einigen Körpern in hohem Grade, von anderen gar nicht verändert wird.*

Es fragte sich, wie sich diese aus der Durchstrahlung beurtheilten Modificationen reflectirter Wärme bei verschiedenen Wärmequellen verhalten würden.

Wie schon erwähnt, wich die durch Reflexion der Wärme der Argand'schen Lampe auf  $20^{\circ}$  abgelenkte Galvanometernadel beim Einschalten des Kalkspaths auf  $17^{\circ}$  zurück, wenn Carmin; auf  $10^{\circ},5$ , wenn schwarzes Papier die Wärme reflectirt hatte.

Wurde die Wärme des glühenden Platins von Carmin so reflectirt, daß sie die Magnetnadel ebenfalls auf  $20^{\circ}$  ablenkte, so ging diese beim Einschalten der Kalkspathplatte auf  $15^{\circ}$  zurück, und wich auf  $10^{\circ}$ , wenn die directe Ablenkung von  $20^{\circ}$  durch Reflexion von schwarzem Papier hervorgebracht worden war.

Die Verschiedenheiten, welche die Wärme des glühenden Platins nach der Reflexion von Carmin und schwarzem Papier zu erkennen gab, waren also geringer als die, welche die Wärme der Argand'schen Lampe nach der Reflexion von denselben Körpern gezeigt hatte.

Brachte man die Ablenkung von  $20^{\circ}$  durch Reflexion der Wärme einer Alkoholflamme von Carmin hervor, und schaltete wie vorher die Kalkspathplatte ein, so ging die Nadel auf  $11^{\circ}$  zurück. Sie wich auf  $8^{\circ}$ , als man die Wärme derselben Quelle von schwarzem Papier reflectiren liefs.

Die Unterschiede, welche die von Carmin und die von schwarzem Papier reflectirte Wärme der Alkoholflamme zeigten, waren also geringer als die Verschiedenheiten der von denselben Flächen reflectirten Wärme des glühenden Platins.

Liefs man endlich die Wärme eines dunkeln erhitzten Eisencylinders dergestalt reflectiren, daß sie die Galvanometernadel auf  $20^{\circ}$  ablenkte, so ging diese, beim Einschalten des Kalkspaths, auf  $5^{\circ},5$  zurück, die Wärme

mochte von Carmin oder von schwarzem Papier reflectirt worden seyn.

Für diese Wärmequelle waren also keine Verschiedenheiten nach der Reflexion wahrzunehmen.

Aehnliche Unterschiede in der diffus reflectirten Wärme der genannten Quellen stellten sich bei *allen* anderen reflectirenden Flächen heraus, und nicht nur bei der Durchstrahlung durch Kalkspath, sondern auch beim Durchgange durch *alle* übrigen diathermanen Substanzen.

So war z. B. die von 70 verschiedenen Körpern reflectirte Wärme des erhitzten Eisencylinders durch keine der angewandten diathermanen Substanzen von der unreflectirten zu unterscheiden.

Somit ist es erwiesen, dafs die Modificationen der Wärme bei der Reflexion

- 1) für die von der Argand'schen Lampe ausgehende Wärme sehr bedeutend sind;
- 2) dafs sie sich für die Wärme des glühenden Platins vermindern;
- 3) dafs sie für die Strahlen einer Alkoholflamme noch geringer werden;
- 4) dafs sie für die von einem dunklen, erhitzten Eisencylinder ausgesandte Wärme — welche Temperatur er auch zwischen 20° und etwa 160° haben mag — absolut verschwinden.

Die Veränderungen der Wärme bei der Reflexion sind also wesentlich von der Natur der Wärmequelle abhängig.

Es war eine wichtige Frage, wie sie zu erklären seyen. Zwei Fälle waren möglich:

Entweder bestand jene Modification in einer Umwandlung der Wärmestrahlen, welche sie für die eine oder andere diathermane Substanz mehr oder minder durchgangsfähig machte; oder sie war Folge einer auswählenden Absorption der reflectirenden Flächen für gewisse, ihnen zugesandte Wärmestrahlen, wie es nach den

interessanten Versuchen von Hrn. Baden Powell und Hrn. Melloni in der That am wahrscheinlichsten war.

Im ersten Falle konnten die Verschiedenheiten der reflectirten Wärme erst beim Durchgange durch die diathermanen Medien hervortreten; im zweiten mußten sie sich schon vor ihrem Eintritt in dieselben, und zwar aus der Intensität erkennen lassen, mit der verschiedene Wärmestrahlen von verschiedenen Flächen reflectirt wurden, weil die Intensität der reflectirten Wärme der reciproke Ausdruck der Wärmeabsorption ist.

Es gab ein Mittel dieß zu untersuchen: Das Experiment hatte gelehrt, daß Carmin den Durchgang der Wärme durch Kalkspath verbessert. Rührte dieß daher, daß es die durch Kalkspath schlecht hindurchgehenden Strahlen absorbirte, so mußte es desto schlechter die Wärme einer Quelle reflectiren, je mehr sie ihm solche, durch Kalkspath schlecht hindurchgehende Strahlen zusandte. Es ist aber bekannt, daß die Wärme des dunkeln Cylinders bedeutend schlechter, als die einer Argand'schen Lampe durch Kalkspath hindurchgeht. Daher mußte Carmin — im Falle einer auswählenden Absorption — die Wärme des dunkeln Cylinders schlechter als die der Argand'schen Lampe reflectiren.

Schwarzes Papier aber, welches den Durchgang der Wärme durch Kalkspath verminderte, mußte sich entgegengesetzt verhalten. Es mußte die Wärme der Argand'schen Lampe schlechter, als die des Cylinders reflectiren.

Die Erfahrung hat dieß auf's Entschiedenste bestätigt:

Wurde die Wärme der Argand'schen Lampe von Carmin reflectirt, so erhielt man bei einer gewissen Stellung der Fläche eine Ablenkung der Galvanometernadel auf  $20^{\circ}$ ; die Reflexion von schwarzem Papier brachte aber, bei gleicher Größe der reflectirenden Fläche und gleicher Neigung gegen die Thermosäule und Wärmequelle, nur eine Ablenkung von  $18^{\circ}$  hervor.

Dagegen lenkte die Wärme des dunkeln Cylinders, von Carmin reflectirt, die Nadel nur auf  $18^{\circ}$ , von schwarzem Papier reflectirt, auf  $31^{\circ}$  ab. Das Verhältniß kehrte sich also in der That um.

Der schon an diesem einen Beispiel hervortretende Zusammenhang zwischen den aus der Durchstrahlung beurtheilten Veränderungen und der verschiedenen Intensität verschiedener reflectirter Wärme, hat sich bei der Untersuchung von mehr als 70 reflectirenden Flächen bei vier verschiedenen Wärmequellen und sechs diathermanen Substanzen bewährt.

Denn es hat sich gezeigt:

- 1) daß diejenigen Flächen, welche die Wärme in der Weise reflectirten, daß sie von der unreflectirten (mittelt Durchstrahlung) nicht zu unterscheiden war, die Wärme aller Quellen mit gleicher Intensität zurücksandten.
- 2) daß diejenigen, welche den Durchgang durch alle zu ihrer Prüfung angewandten diathermanen Medien verbesserten, am besten die Wärme der Argand'schen Lampe; sodann die des glühenden Platins; weniger gut die der Alkoholflamme, und am schlechtesten die des dunkeln Cylinders reflectirten;
- 3) daß sich dieß Verhältniß der Intensität reflectirter Wärme genau für diejenigen Flächen umkehrte, welche den Durchgang der Wärme durch alle diathermanen Substanzen verminderten;
- 4) daß diejenigen Flächen, welche den Durchgang für einige diathermane Medien verbesserten, für andere verminderten, bald die Wärme der einen, bald die der andern Quelle besser reflectirten, ohne sich einer der beiden bezeichneten Reihenfolgen mit Bestimmtheit anzuschließen.

Alle diese Erscheinungen sind aber, mit Berücksichtigung des angeführten Beispiels, völlig erklärlich, wenn man bedenkt, daß durch alle angewandten diathermanen



Substanzen die Wärme der Argand'schen Lampe am besten, die des glühenden Platins weniger gut, die der Alkoholflamme in noch geringerem Grade, und die des dunkeln Cylinders am schlechtesten hindurchgeht.

Sonach hat die Erfahrung dafür entschieden: dafs alle Veränderungen der Wärme bei der diffusen Reflexion nur Folge einer auswählenden Absorption der reflectirenden Flächen für gewisse, ihnen zugesandte Wärmestrahlen sind:

Da bei allen Erscheinungen der strahlenden Wärme auf ihr Verhältnifs zum Licht hingewiesen worden ist, so wurde die Reflexion der Wärme auch in ihrem Vergleich mit der Lichtreflexion untersucht. Die Wiederholung des Melloni'schen Fundamentalversuchs mit grünem Glase und Wasser, welcher das intensivste Licht ohne eine Spur von Wärme darstellt, und andere Erscheinungen machen es unzweifelhaft, dafs Licht und Wärme als nicht identisch zu betrachten seyn.

Es fragte sich, ob dennoch ein gewisser Parallelismus zwischen der Licht- und Wärmereflexion bemerkbar seyn würde. — Hrn. Melloni's Absorptionsversuche liefsen diefs nicht erwarten.

Die directe Untersuchung der Wärmereflexion hat gelehrt:

- 1) Dafs sich weifse Körper für das Licht, wie dunkle gegen die Wärme verhalten können. So reflectirt z. B. weifser Sammt, welcher jede Art von Lichtstrahlen besser als schwarzer Sammt reflectirt, die Wärme aller Quellen schlechter als schwarzer Sammt.
- 2) Schwarze Körper für das Licht, wie weifse gegen die Wärme; überhaupt dunkle Körper für das Licht oftmals wie helle gegen die Wärme. Denn die von Schwarzblech reflectirte Wärme ist mittelst Durchstrahlung von der unreflectirten nicht zu unterscheiden. Außerdem reflectirt es die Wärme aller

Quellen mit gleicher Intensität. — Schwarzer Sammt reflectirt unter jeder Bestrahlung besser als weißer Sammt.

3) Gleichfarbige Körper für das Licht, wie ungleichfarbige gegen die Wärme. Verschiedene weiße Körper, wie: Bleiweiß und Zinnoxid, oder verschiedene schwarze Körper, wie gerbsaures Eisenoxd und schwarzes Papier, sind durch die verschiedenen Verhältnisse, in denen die von ihnen reflectirte Wärme dieselben diathermanen Medien durchstrahlt, auf's Bestimmteste von einander zu unterscheiden.

4) Ungleichfarbige Körper für das Licht, wie gleichfarbige gegen die Wärme. Weißes Papier und schwarzer Lack, weiße und schwarze Seide, helles und schwarzes Tuch sind durch die Modificationen der von ihnen reflectirten Wärme nicht von einander zu unterscheiden, d. h. die von ihnen zurückgesandten Strahlen gehen in völlig gleicher Weise durch alle bisher angewandten diathermanen Medien hindurch.

Unter allen bis jetzt untersuchten Körpern waren nur: die Metalle wie *»weiße Körper gegen die Wärme«* zu betrachten, d. h. sie reflectirten die Wärme jeder Quelle mit gleicher Intensität, und die von ihnen reflectirte Wärme war mittelst Durchstrahlung von der unreflectirten nicht zu unterscheiden. *Nur Rufs und animalische Kohle verhielten sich wie »schwarz gegen die Wärme«,* d. h. sie reflectirten keine Art von Wärmestrahlen.

Es war also durchaus kein Parallelismus zwischen der Wärme- und Lichtreflexion zu erkennen.

Wie man aus dem Mitgetheilten ersieht, unterscheiden sich die besprochenen Versuche von früheren namentlich dadurch, daß sie zuerst die Natur der diffus reflectirten Wärme selbst direct untersucht und an ihr

die Veränderungen nachgewiesen haben, welche die Wärme durch diffuse Reflexion erleidet; und zwar durch ein Verfahren, welches den Zusammenhang von qualitativer und intensiver Reflexion unmittelbar zu erkennen gab, und durch Ermittlung gleichartiger Wärmestrahlen ein Mittel darbot: die Körper nach der Qualität der von ihnen diffus reflectirten Wärme zu gruppiren.

Die folgende Uebersicht der zur Untersuchung der Wärmereflexion angewandten Substanzen zeigt, wie verschieden sie in Bezug auf Stoff, Farbe und sonstige Eigenthümlichkeiten gewählt waren:

1. Metalle und Metall- legirungen.	2. Hölzer.	3. Kohlen.
<p>Gold, Silber, Platin, Quecksilber, Eisen, Zinn, Zink, Kupfer, Blei.</p> <p>—</p> <p>Legirung von Blei und Zinn, Messing, Neusilber.</p> <p>—</p> <p>Zinn von verschie- dener Rauheit d. Oberfläche.</p>	<p>Birkenholz, Kork, Mahagoni.</p> <p>—</p> <p>Birkenholz von ver- schiedener Rau- heit der Oberflä- che.</p>	<p>Animalische Kohle, Rufs, vegetabil. Kohle, Braunkohle, Steinkohle, Coaks, Graphit.</p>
4. Pigmente.	5. Dieselben Stoffe mit verschiedenen Pigmenten.	6.
<p>Bleiweiß, Carmin, Krapprosa, Rother Zinnober, Grüner Zinnober, Pariser Grün, Chromgelb, Diesbacher Blau, Ultramarin.</p>	<p>Weißes Papier, blaues - gelbes - schwarzes -</p> <p>rothe wollene Sammttapete, grüne - blaue -</p>	<p>Weißer Sammt, blauer - grüner - hellrother - dunkelrother - schwarzer -</p> <p>weißer Taft, grüner - rother - schwarzer -</p>

## Verschiedene Körper von gleicher Farbe:

7. Weiße Körper.	8. Schwarze Körper.	9. Weiße und schwarze Körper.
Gyps, Kreide, Bleiweiß, Zinnoxid, Oelfarbe, Atlas, Taft, Sammt, Wolle, Baumwolle, Leinen, Papier, Porcellan, Perlmutter, Elfenbein, Silber.	Kupferoxyd, gerbsaures Eisen- oxyd, Asphalt-Lack, Tusch, Kohlen, Atlas, Taft, Sammt, Tuch, Papier, Maroquin, Glas, Schwarzblech.	<div> Weißer schwarzer </div> Atlas, <div> weißer schwarzer </div> Taft, <div> weißer schwarzer </div> Sammt, <div> helles schwarzes </div> Tuch, <div> weißes schwarzes </div> Papier, weißes Papier, schwarzer Lack, Silber, Schwarzblech.

## Andere Gruppen.

10.	11.	12.
Rothe wollene Sammttapete, grüne - blaue - rothe Wolle, schwarzes Tuch, brauner Manchester weißer Kattun, grauer - grün Wachsleinen, schwarzer Sammt.	Gelbes Leder, brauner Maroquin, schwarzer - Holz, Marmor. Metallspiegel, belegter Spiegel, schwarzes Glas.	Bleiweiß, Carmin, Zinnober, Kupferoxyd, hellrother Taft, weißer Sammt, schwarzer - weiße Wolle, schwarzes Papier, grün Wachsleinen, Holz, Metall.

V. Ueber das Verhalten der optischen Medien  
des Auges gegen Licht- und Wärmestrahlen;  
von Ernst Brücke.

(Aus Müller's Archiv, 1845.)

Die physiologische Optik hat sich zwar zunächst mit dem Lichte zu beschäftigen, welches wir sehen, da durch dieses unsere Gesichterscheinungen vermittelt werden; ich glaube aber, daß es zu nützlichen Erörterungen führen kann, wenn wir uns auch einmal mit dem Lichte beschäftigen, welches wir nicht sehen. — Ich stellte mir die Frage, warum wir die brechbarsten Strahlen des Sonnenlichts nicht sehen, dieselben erst bei der Linie *M* in Edm. Becquerel's Spectrum <sup>1)</sup> schwach leuchtend werden, und erst von der Linie *I* an so deutlich, daß man die Fraunhofer'schen Linien direct erkennen kann, während sie bis dahin nur durch ihre Bilder auf photographischen Platten bestimmt worden sind. Der Grund hiervon konnte entweder darin liegen, daß diese Strahlen die optischen Medien des Auges nicht durchdringen können, oder darin, daß der Sehnerv auf sie nicht mit der Empfindung des Leuchtenden reagirt.

Finden wir, daß die fraglichen Strahlen gar nicht zur Nervenhaut gelangen, sondern von den optischen Medien absorbiert werden, so ist ihre Unsichtbarkeit vollkommen erklärt, und man braucht nicht erst anzunehmen, daß der Sehnerv für dieselben unempfindlich sey. Der directeste Versuch, um dieß zu entscheiden, würde darin bestanden haben, daß ich mir von Licht, welches schon durch die Augenmedien gegangen war, photographische Spectra nach Becquerel's Weise verschafft, und

1) *Des effets produits sur les corps par les rayons solaires. Ann. Ch. Ph., IX, Nov. 1843.*

untersucht hätte, ob die obere Gränze derselben mit der oberen Gränze des leuchtenden Spectrums übereinstimmte. Es fehlte mir aber hierzu an den nöthigen Vorrichtungen. Ich suchte deshalb nach einer Substanz, welche von den brechbarsten Strahlen auf eine charakteristische Weise verändert wird, von den weniger brechbaren aber nicht. Die passendste, welche ich zu diesem Zwecke finden konnte, war das Guajakharz, in Bezug auf welches man alles Licht in bläuendes und entbläuendes theilen kann, indem dasselbe von stark brechbaren Strahlen gebläut, von schwach brechbaren aber wieder entbläut wird. Die Angaben über die Gränze zwischen bläuenden und entbläuenden Strahlen sind verschieden, nach Edm. Becquerel ist es die Linie *H* im Violet, bei Moser aber finde ich angeführt <sup>1)</sup>, daß sich Guajakpapier noch im blauen Lichte blaugrün färbt. Es gehört also jedenfalls ein nicht unbeträchtlicher Theil der bläuenden Strahlen zu den sichtbaren, und ich konnte deshalb auch nicht hoffen, sie mittelst der optischen Medien des Auges völlig abzuhalten, aber doch vielleicht ihre Wirkung auf eine in die Augen fallende Weise zu schwächen.

Ich habe nun durch vielfältige und häufig wiederholte Versuche gefunden, daß die Linse die bläuenden Strahlen in sehr hohem Grade absorbiert, weniger die Cornea und der Glaskörper, am meisten aber die Linse mit diesen beiden Medien zusammen. Von meinen Versuchen will ich nur diejenigen anführen, welche mit der geringsten Mühe nachzumachen sind, und durch deren Wiederholung sich jeder am leichtesten von der Richtigkeit meiner Angaben überzeugen kann.

1) Man lege die frische Linse eines Ochsenauges mit der Kapsel auf einen 6 Millim. hohen Metallring von 9 Millim. Radius, und zwar mit ihrer convexesten Seite nach oben, so daß man sicher ist, daß sie die Fläche,

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 56, S. 193.

auf die der Ring gestellt wird, nicht berührt. Dann übergieße man eine kleine Porcellanplatte mit Guajak tinktur, trockne sie im Dunkeln, stelle auf sie den Ring mit der Linse und setze sie dem diffusen Lichte aus. Während sich nun die Platte, da, wo das Licht unmittelbar auf sie wirkt, lebhaft grün, und nach und nach immer weiter bis zum tiefsten Dunkelblaugrün färbt, findet man an der Stelle, wo das Licht durch die Linse eingefallen ist, nur ein liches Gelbgrün, welches nicht weiter fortschreitet, man mag den Versuch dauern lassen, so lange man will. Man setze hierauf den Metallring mit der Linse auf eine andere Stelle der Platte, welche bereits vollkommen gefärbt ist, man wird finden, dafs hier dann die Färbung die regressive Metamorphose durchmacht, und zwar stets so lange, bis sie bei demselben lichten Gelbgrün angelangt ist, welches man in dem ersten Versuche beobachtete; nur ist hierzu, je nach der Intensität des einwirkenden Lichtes, kürzere oder längere Zeit erforderlich, oft ein ganzer Tag und mehr.

2) Man stelle denselben Versuch an, wie vorher, bedecke aber die Linse noch mit der Cornea, welche man durch einen Zirkelschnitt mit einem Theil der Sklerotika vom Auge abgetrennt hat; man wird finden, dafs die eintretende Färbung noch geringer, ja oft kaum wahrnehmbar ist. Bringt man nun dieselbe Combination auf eine schon gefärbte Stelle der Platte, so geht der Bleichungsprocefs ungestört vor sich, zum Zeichen, dafs das Licht, welches durch die beiden Medien hindurchgeht, noch stark genug ist, um seine ihm eigenthümlichen Wirkungen geltend zu machen.

3) Man bediene sich der Cornea allein, welche man über einen Holz- oder Korkring befestigt hat, und man wird ähnliche Erscheinungen, wie bei der Linse, wahrnehmen, aber in einem unvergleichlich geringeren Grade.

4) Man nehme eine kleine Abrauchschale, überziehe sie inwendig, wie vorhin die Porcellanplatte, mit

einer dünnen Schicht von Guajakharz und lege einen möglichst unverletzten Glaskörper vom Rinde hinein, dann färbt sich die ganze Schaale am Lichte noch ziemlich lebhaft; in der Mitte, wo die Häute des Glaskörpers, aus denen nach und nach die Flüssigkeit aussickert, zusammenliegen, und wo überhaupt die vom Licht zu durchdringende Schicht am dicksten ist, bleibt sie heller, aber wird selbst hier noch bläulich grün.

5) Man lege in dieselbe Abrauchschaale, nachdem man sie frisch überzogen hat, einen Glaskörper mit der Linse, dann färbt sie sich wie vorher, nur gerade unterhalb der Linse bleibt ein heller Fleck.

6) Man lasse sich nun die Schaale am diffusen Lichte grün färben, lege kreuzweis in dieselbe zwei schmale Stanniolstreifen, darauf den Glaskörper mit der Linse, und lasse diefs ein bis zwei Tage am Lichte stehen. Leert man dann die Schaale aus, so findet man unter den Stanniolstreifen ein einförmig grüngefärbtes Kreuz, welches sich im oberen Theil, wo das Licht unmittelbaren Zutritt hatte, hell gegen den nunmehr tief blaugrün gefärbten Grund absetzt, weiter nach der Tiefe zu wird die Schaale heller, und da endlich, wo das Licht durch die Linse eingefallen ist, findet man einen ganz lichten Fleck, gegen den sich die Schenkel des grünen Kreuzes scharf abgränzen, so dafs er gegen sie fast weifs erscheint.

Aufser den optischen Medien des Rindauges habe ich auch noch die vom Kaninchenaug und die Linse vom Hecht angewendet, welche letztere den Vorzug hat, dafs sie, vorsichtig getrocknet, eine grofse Durchsichtigkeit behält, so dafs man mit ihr noch in diesem Zustande, so wie auch mit getrockneten Ochsenlinsen, welche nur meistens sehr an Durchsichtigkeit verlieren, experimentiren kann. So habe ich einmal auf einer schon grün gefärbten Platte, mittelst einer solchen Linse, die gerade sehr gut ihre Form behalten hatte, sich ein Stück der Sonnenbahn hell abbilden lassen. Im Allgemeinen



thut man aber, obgleich der Bleichungsprocess durch Linsen im directen Sonnenlichte sehr rasch geht, doch nicht gut in demselben zu experimentiren, denn das Guajakharz färbt sich in ihm zwar sehr schnell, aber nur schmutzigrün, und verliert bei längerer Einwirkung des Sonnenlichts immer mehr an der Lebhaftigkeit seiner Farbe, so daß es zuletzt ganz hellbraun wird. Vermittelst einer Schicht von Wasser, durch welche man das Licht vorher hindurchgehen läßt, kann man diesen Uebelstand verringern, aber doch nicht ganz aufheben. Diffuses Licht, selbst das eines ganz bedeckten Himmels, giebt immer zuverlässigere und constantere Resultate. Am besten stellt man die Versuche im Freien an, doch gelingen sie auch an verschlossenen Fenstern vollkommen gut und erfordern nur mehr Zeit.

Die Resultate der obigen Versuche bewogen mich, auch das Verhalten der verschiedenen optischen Medien des Auges gegen die strahlende Wärme zu untersuchen. Ehe ich aber zur Beschreibung dieser Versuche übergehe, muß ich die in neuerer Zeit über Identität oder Nichtidentität der Licht- und Wärmestrahlen gemachten Erörterungen dem Leser mit wenig Worten aufs Neue vor die Augen führen. Ich beginne mit der Identitätstheorie von Ampère, welche zuerst in dem 48. Bande der *Bibliothèque universelle* publicirt wurde, und später mit einigen Zusätzen in das Aprilheft der *Ann. de Chim. et de Phys.* des Jahres 1835 überging <sup>1)</sup>. Sie besteht im Wesentlichen in Folgendem: Licht- und Wärmestrahlen sind identisch, diejenigen Wärmestrahlen, welche in unserem Auge die Empfindung des Leuchtenden hervorbringen, unterscheiden sich von den dunkeln Wärmestrahlen nur durch ihre geringere Wellenlänge. Die Strahlen von größerer Wellenlänge sind deshalb dunkel, weil sie vom Wasser absorbirt werden, und somit auch nicht das in unserem Auge enthaltene Wasser durchdringen und zur Nervenhaut gelangen können.

1) Annalen, Bd. XXVI, S. 161.

Dieser Theorie setzte Macedoine Melloni <sup>1)</sup> folgende Versuche entgegen:

1) Schließt man Wasser zwischen grünen, mit Kupferoxyd gefärbten Gläsern ein, so geht Licht, aber keine Spur von Wärme hindurch. Folglich sind Licht- und Wärmestrahlen nicht identisch.

2) Löscht man einzelne Zonen des durch ein Stein Salzprisma entworfenen Sonnenspectrums mittelst farbiger Gläser aus, so entsprechen den dunkeln Streifen keine Temperaturminima, sondern das Temperaturmaximum hat bei verschiedenen gefärbten Gläsern fast immer dieselbe Lage, und die Wärme nimmt nach beiden Seiten desselben mit der größten Regelmäßigkeit ab. Folglich sind Licht- und Wärmestrahlen nicht identisch.

3) Läßt man alle Theile des Sonnenspectrums durch eine 2 bis 3 Millim. dicke Wasserschicht gehen und mißt die Temperatur der ausfahrenden Strahlen, so rückt das Temperaturmaximum näher an die rothe Gränze; auch ist der ganze Bereich der dunkeln Strahlen verschmälert, verdickt man nach und nach die Wasserschicht bis endlich auf 300 Millim., so rückt das Temperaturmaximum durch Roth, Orange und Gelb bis zum Anfange des Grün fort, die äußerste Wärmegränze nähert sich zwar fortwährend dem äußersten Roth, bleibt aber doch noch um ein *Merkbares* von demselben entfernt, folglich gehen durch eine 300 Millim. dicke Wasserschicht noch dunkle Wärmestrahlen.

Die beiden ersten dieser Versuche scheinen vollkommen geeignet, um die Nichtidentität von Licht- und Wärmestrahlen zu erweisen, der dritte aber scheint mir das nicht zu beweisen, was er beweisen soll. Bringt man einen im Dunkeln oder bei schwachem Lichte tief roth glühenden Körper an das helle Tages- oder Kerzenlicht, so erscheint er dunkel, bringt man ihn rasch wieder in's Dunkle, so sieht man, daß er fortfährt roth

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 37, S. 486.

zu glühen. Diefs ist eine Thatsache, die Jedermann bekannt ist. Ein solcher Körper sendet also leuchtende Strahlen aus, dieselben können uns aber dunkel erscheinen im Verhältnifs zu stärker leuchtenden. Melloni hätte deshalb den Anfang der absolut dunkeln Strahlen nicht genau an die von ihm beobachtete rothe Gränze verlegen müssen, sondern wenigstens um ein *Merkbares* von ihr entfernt.

Um zu erweisen, dafs es absolut dunkle Wärmestrahlen von gröfserer Wellenlänge, als das äufserste Roth giebt, welche nicht vom Wasser absorbiert werden, hätte sich Melloni einer selbst im Dunkeln noch dunklen Wärmequelle bedienen müssen; es ist ihm aber niemals gelungen, die Wärme einer dunklen Quelle durch eine Wasserschicht von einiger Dicke strahlen zu lassen, ja selbst bei den Strahlen von glühendem Platin hatte er die letzten Spuren von Durchgang bei einer Wasserschicht von 11,598 Millim. <sup>1)</sup>).

So standen die Sachen, bis Melloni seine Ansichten von Grund aus änderte und sich für die Identitätstheorie erklärte, welche er in folgender Weise hinstellte und mit den physiologischen Erscheinungen in Einklang zu bringen suchte <sup>2)</sup>).

Leuchtende, wärmende und chemisch wirkende Strahlen sind identisch. Um sich zu erklären, wie es zugeht, dafs wir die Strahlen jenseit des Roth und jenseit des Violet nicht sehen, mufs man annehmen, dafs ihnen jede Art von Accord mit der Molecularelasticität der Netzhaut abgehe, und dieselbe deshalb auf sie nicht mit Lichtempfindung reagire. Nimmt man die Nothwendigkeit eines solchen Accords an, so ist es klar, dafs Wellen von einer bestimmten Länge unter übrigens gleichen Umständen am stärksten auf die Netzhaut wirken müssen, län-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 39, S. 268.

2) Ebendasselbst, Bd. 56, S. 574.

gere und kürzere schwächer, und zwar um so schwächer, je weiter sie sich von dieser bestimmten Wellenlänge entfernen. Diejenigen Strahlen, welche am stärksten auf die Netzhaut wirken, müssen von der Farbe der Netzhaut seyn. Im Sonnenspectrum erscheint uns das Gelb am meisten leuchtend, also muß die Netzhaut gelb seyn — und die Netzhaut ist auch gelb.

Gegen diese Theorie ist einzuwenden:

1) Melloni hat die Identität von Licht- und Wärmestrahlen behauptet gegen seine eigenen oben angeführten Versuche, ohne dieselben als fehlerhaft zurückzunehmen oder mit seiner neuen Theorie in Einklang zu bringen.

2) Melloni hat sich, um die Unsichtbarkeit der Strahlen jenseit des Roth und jenseit des Violet zu erklären, bewogen gefunden, die Hypothese von der Nothwendigkeit eines bestimmten Accordes zwischen den Aetherwellen und der Molecularelasticität der Netzhaut aufzustellen. Diese Hypothese stützt sich weder auf eine begründete Induction, noch hat sie an anderen Sinnesnerven Analogien für sich. Auf die Gehörerscheinungen, an die zu denken man vielleicht geneigt wäre, darf man sich nicht berufen, da dem Gehörnerven ebensowohl nur diejenigen Schallwellen zukommen, welche der schalleitende Apparat unseres Ohres fortzupflanzen vermag, wie die Nervenhaut nur von denjenigen Aetherwellen berührt wird, welche die optischen Medien des Auges durchdringen können.

Die Hypothese ist ferner unnöthig für die Strahlen jenseit des Violet, da wir oben gesehen haben, daß sie von den optischen Medien des Auges absorbirt werden, unnöthig für die Strahlen jenseit des Roth, da es schon nach dem bisher Gesagten mehr als zweifelhaft ist, daß von einer im Dunkeln noch dunkeln Wärmequelle, auch nur eine Spur von Strahlung zur Nervenhaut gelange.

3) Melloni hat sich dieser Hypothese bedient, um die vom Wärmemaximum abweichende Lage des Licht-

maximums im Anfange des Gelben zu erklären; hierfür hat er dieselbe dahin erweitert, dafs das gelbe Licht das Maximum der Consonanz mit der Nervenhaut habe, *weil r sie gelblich gefärbt fand*, wobei er sie überdiets nicht allein, sondern im Zusammenhange mit der Schicht der stabförmigen Körper betrachtete.

Bei dem allen hat der sonst so sinnreiche Naturforscher nicht daran gedacht, in wiefern wohl die Lage des Wärmemaximums im Spectrum durch den Durchgang der Strahlen durch die optischen Medien des Auges verändert werden könne.

Er selbst hatte früher in einem oben angeführten Versuche gefunden, dafs man durch Einschaltung von Wasserschichten von zunehmender Dicke dasselbe in's Roth, in's Orange, in's Gelb, ja bei sehr grofser Dicke der Wasserschicht sogar bis in den Anfang des Grün versetzen kann, was ihn billig daran hätte erinnern sollen, dafs wegen des Wassers im Auge Licht- und Wärmemaximum leicht im Gelb coëncidiren und so seine Hypothese auch für diesen Punkt unnöthig machen konnten.

In einem späteren Aufsätze <sup>1)</sup> hat freilich Melloni zurückgenommen, was er früher über die Ortsveränderung des Wärmemaximums im Spectrum gesagt hat, und giebt an, dasselbe verbleibe bei Einschaltung aller Arten von farblos durchsichtigen Substanzen am rothen Ende; ich kann aber nicht glauben, dafs er hierin auch die 300 Millim. dicke Wasserschicht mitbegriffen wissen will, denn man wüfste doch wahrlich nicht mehr, was man von Wärmebestimmungen im Spectrum halten sollte, wenn ein so geübter Experimentator sich bei der Angabe der Zone für das Maximum um die halbe Breite des leuchtenden Spectrums irrte, und nahezu da, wo das wahre Wärmemaximum liegt, die untere Temperaturgränze hinverlegte.

Es ist mir schmerzlich, in dieser Weise gegen einen um die Wissenschaft so hochverdienten Physiker pole-

1) Annalen, Bd. 62, S. 18.

misiren zu müssen; aber gerade die Irrthümer der berühmtesten Männer hat man am energischsten zu bekämpfen, weil sie den Augen Vieler durch den Mantel der Autorität verhüllt werden.

Durch die Güte des Hrn. H. Knoblauch, welcher sich gerade mit Untersuchungen über die strahlende Wärme beschäftigte, ward ich in Stand gesetzt, einige Versuche über die Diathermanität der optischen Medien des Auges anzustellen, welche ich hier mittheile.

Die Wärmequelle, welcher ich mich bediente, war eine Oellampe mit constantem Niveau und einem Scheinwerfer von polirtem Messing; sollte dieselbe dunkel gemacht werden, so wurde über die Flamme ein Cylinder von schwarzem Eisenblech gesteckt, welcher sich ziemlich hoch, jedoch bei weitem nicht bis zum Glühen erhitze. Man würde mir einen Vorwurf daraus machen können, daß ich nicht auch mit einer dunkeln Wärmequelle von möglichst hoher Temperatur gearbeitet habe, wenn mir nicht die Versuche mit der leuchtenden Quelle Resultate gegeben hätten, welche dieses für meinen speciellen Zweck vollkommen unnöthig machten. Mit directem Sonnenlichte habe ich leider noch nicht operiren können, weil der Apparat in einem Zimmer gegen Norden aufgestellt, und auch die Jahreszeit und Witterung zu ungünstig war.

Da es bei meinen Versuchen nicht auf Messung von durchgelassenen und absorbirten Wärmemengen ankam, sondern lediglich darauf, zu bestimmen, ob eine zu untersuchende Substanz überhaupt eine wahrnehmbare Wärmemenge durchlasse oder nicht, so wurden alle Versuche einfach so angestellt, daß man zuvörderst, nachdem die Strahlen der Wärmequelle durch einen Metallschirm abgeblendet waren, die zu untersuchende Substanz zwischen Wärmequelle und Thermosäule einschaltete, und dann, nachdem die Nadel zur Ruhe gekommen war, versuchte, ob man sie durch Fortziehen des Metallschirms in Bewegung setzen könne.

Es hätte nun am nächsten gelegen, gleich sämmtliche Medien des Auges in ihrer natürlichen Lage, d. h. ein ganzes Auge, aus dem der Pupille gegenüber ein hinreichend großes Segment der Sklerotika, Choroidea und Retina weggenommen war, einzuschalten; allein ich fand dieses nicht ausführbar, da schon durch Hinwegnahme eines Theiles der genannten Häute der Bulbus seine natürliche Spannung und Gestalt verliert. Ueberdies wird durch die Pupille nur einem sehr dünnen Strahlenbündel der Durchtritt verstattet, und wollte man die Iris mittelst eines Hakens, wie es zur Iridodialysis angewendet wird, herausziehen, so würde durch Ausfließen des *Humor aqueus* das Auge noch mehr zerstört und alles mit Pigment verunreinigt werden. Ich schaltete deshalb, um mit einem Strahlenbündel von möglichst großem Querschnitt zu arbeiten, zuerst die in einem durchlochten Blechschirm eingespannte Hornhaut eines Ochsen ein, und fand, daß durch sie zwar keine Strahlen von der dunkeln Wärmequelle hindurchgingen, aber so viele von der leuchtenden, daß die Nadel um 8 bis 9 Grad und darüber abgelenkt wurde, wenn die durch directe Einstrahlung bewirkte Ablenkung 45 bis 50 Grad betrug. Hierauf nahm ich den Schirm mit der Cornea fort, und schaltete statt seiner einen anderen ein, in welchem ein kurzes Rohr von polirtem Messingblech steckte. In diesem Rohr war eine Fassung, in welche ich die frische Linse des Ochsen einsetzte, und nun das Ganze so an die Säule heranrückte, daß von den Strahlen, welche einmal durch die Linse gegangen waren, keine mehr verloren gehen konnten, ohne daß doch die Linse selbst der Säule so nahe gewesen wäre, daß man von ihrer Erwärmung durch die absorbirten Strahlen eine Täuschung zu fürchten gehabt hätte. Von der dunklen Wärmequelle ging, wie zu erwarten war, nichts durch die Linse hindurch, von der leuchtenden dagegen wurde die Nadel regelmäßig um  $1\frac{1}{2}$  Grad abgelenkt. Nun schaltete ich vor der Linse noch wieder die Hornhaut ein, und fand, daß jetzt beim Fort-

ziehen des Metallschirms die Nadel vollkommen unbeweglich blieb, obgleich das Licht hell auf die Säule einstrahlte. Um mir eine ungefähre Vorstellung davon zu machen, eine wie starke Absorption, im Verhältniß zu anderen Körpern, wohl Linse und Cornea ausüben müßten, um den Wärmestrahlen so den Weg zu versperren, vertauschte ich die Linse mit einer ihr an Querschnitt gleichen, zwischen Glimmerplatten eingeschlossenen Wasserschicht von 18 Millim. Dicke, und die Cornea mit einem Kalkspathkrystall von 3,7 Millim. Dicke. Durch dieses System hindurch erhielt ich noch 2 Grad Ablenkung, als ich aber den Kalkspath mit einer 1,4 Millim. dicken Gypstafel vertauschte, nur noch  $1\frac{1}{2}$  Grad.

Ich hätte nun gerne noch den *Humor aqueus* und den Glaskörper untersucht, aber ersteren hätte ich zwischen Platten einer anderen Substanz einschalten müssen, und letzteren wußte ich nicht unverletzt und so aufzustellen, daß die Strahlen gezwungen waren, alle seine Häute der Reihe nach, wie es im lebenden Auge der Fall ist, zu durchdringen. Ueberdies konnte mich die Untersuchung dieser beiden Medien, von denen es ohnehin gewiß war, daß sie mindestens so viel Wärme absorbirten, wie Wasser, nichts Wesentlichneues lehren, da ich schon durch die bloße Linse mit der Cornea keine Strahlung mehr wahrnahm; ich habe sie deshalb auch gänzlich unterlassen, um nicht mit Versuchen zu spielen, und gehe jetzt zu den Folgerungen über, die sich aus den angestellten ergeben.

Die erste Folgerung ist: daß für die sogenannten chemischen Strahlen jenseits des violetten Endes des leuchtenden Spectrums mit dem Räthselhaften ihrer Unsichtbarkeit nunmehr der letzte schwache Grund weggefallen ist, zwischen ihnen und den leuchtenden Strahlen irgend einen anderen Unterschied als den der Wellenlänge anzunehmen; die zweite: daß man sich, abgesehen von jeglicher Meinung, über die Identität oder Nicht-



identität der Licht- und Wärmestralen jeder Hypothese, welche den Grund der Unsichtbarkeit dunkler Strahlen in der Nervenhaut sucht, füglich ent schlagen kann; denn es wird nach dem Angeführten wohl schwerlich noch Jemand der Meinung seyn, daß Strahlen von größerer Wellenlänge, als die der äußersten rothen Gränze, zur Nervenhaut gelangen können. Es ist aber noch zu untersuchen, ob aus unseren Versuchen nicht irgend etwas für die Streitfrage von der Identität oder Nichtidentität selbst hervorgehen könne. Sagt man, Licht- und Wärmestralen sind nicht identisch, so stößt man nirgend auf Schwierigkeiten, wie sich dieses von selbst versteht, da man hiermit von vorn herein den Wärmestralen die Fähigkeit, in uns die Empfindung des Leuchtenden hervorzurufen, abspricht; ja unsere Versuche scheinen sogar einen Gegenbeweis gegen die Identitätstheorie zu liefern, da ich von Neuem, wie schon früher Melloni auf einem andern Wege, ein hinreichend intensives Licht ohne eine Spur von Wärme dargestellt habe.

Wenn man sich aber auf der andern Seite vergegenwärtigt, daß Licht- und Wärmestralen, beide polarisirbar, also beide aus Transversalwellen zusammengesetzt sind, daß beide durch den luftleeren Raum hindurchgehen, also beide, wenn man nicht, aufser dem Aether, noch ein zweites unbekanntes Medium annehmen will, in Schwingungen eines und desselben Mediums bestehen müssen, so sieht man ein, daß für einen Unterschied beider Strahlungen kein mechanisches Begreifen mehr vorhanden ist. Vergegenwärtigt man sich hierzu, daß die Unsichtbarkeit der Strahlen jenseits des Roth und jenseits des Violett, auch wenn dieselben sich von den leuchtenden nur durch die Wellenlänge unterscheiden, durchaus nichts Räthselhaftes hat, so muß es als leichtfertig erscheinen, die Identitätshypothese völlig aufzugeben und in Bezug auf die strahlende Wärme in die frühere Rathlosigkeit zurückzusinken, ehe man nicht die

Beweiskraft der Gegenversuche auf das Genaueste geprüft hat.

Es existiren gegen die Identitätstheorie zwei Klassen von Versuchen:

1) die, in welchen man durch farbige Gläser einzelne Lichtzonen des Spectrums auslöschte, ohne zugleich die Wärme auszulöschen;

2) die, in welchen man Licht ohne Wärme oder mit einer ganz unverhältnißmäfsig geringen Wärmemenge dargestellt hat.

Da ich die Hoffnung habe, die Beweiskraft der Versuche der ersten Klasse auf dem Wege des Experiments zu vernichten, aber bis jetzt noch nicht die Mittel besitze, die hierzu nöthigen Versuche anzustellen, so muß ich mich vorläufig darauf beschränken, die der zweiten Klasse näher zu beleuchten, und wir werden sehen, dafs gerade meine eigenen, ihr angehörigen Experimente dazu dienen können, diese ganze Klasse aus den Beweisen gegen die Identitätstheorie zu eliminiren.

Man stelle sich also zuvörderst einmal auf den Standpunkt dieser Theorie, und denke sich, dafs alle Strahlen im Spectrum unter einander nur durch die Wellenlänge verschieden sind; man denke sich ferner, dafs nur die Strahlen jenseits der äufsersten Gränzen des sichtbaren Spectrums im Auge völlig absorbirt werden, von allen übrigen aber noch ein gewisses, und nur im Verhältnifs zur ursprünglichen Intensität der Strahlung außerordentlich geringes Quantum zur Retina gelange, und dafs dasselbe, was dem Physiologen durchaus nicht unnatürlich erscheinen wird, auch wenn es für das Thermoskop nicht mehr wahrnehmbar ist, hinreiche, um den Sehnerven lebhaft zur Empfindung des Leuchtenden zu erregen, so ist es, wenn man sich die von Melloni gefundenen Absorptionsgesetze vergegenwärtigt, klar, dafs ich, indem ich Strahlen von verschiedener Brechbarkeit durch optische Medien vom Auge hindurchleitete, dieselben *in der*

*Weise* schwächen konnte, dafs sie auf das Thermoskop nicht mehr wirkten, dafs dieselben aber doch noch vollkommen geeignet waren, nunmehr auch noch die optischen Medien meines Auges zu durchdringen, und meine Nervenhaut zur Empfindung des Leuchtenden zu erregen. Was sich nun aber durch eine Linse und eine Cornea erreichen läfst, mufs sich durch jeden andern Körper oder durch jede andere Combination von Körpern erreichen lassen, welche mit den optischen Medien des Auges die Eigenschaft gemein hat, alle Arten von Strahlen in hohem Grade zu absorbiren, aber doch von den uns leuchtenden noch ein gewisses Quantum durchzulassen. Hiermit fallen die Versuche mit grünem Glase und Wasser, mit Alaun und anderen athermanen oder fast athermanen Körpern, in sofern sie Beweise gegen die Identitätshypothese seyn sollen, in nichts zusammen, und man begreift sehr leicht, wie eine Steinsalzplatte und eine Alaunplatte von ganz gleicher Durchsichtigkeit ganz verschieden diatherman seyn können. Halten wir nach dieser Hypothese die Eintheilung der Körper in gleichmäfsig diathermane (Steinsalz), thermochroische und athermane fest, so würde man in die Reihe der athermanen niemals einen durchsichtigen setzen dürfen, und die durchsichtigen, scheinbar athermanen Combinationen würden thermochroische seyn, welche in ihrem physikalischen Verhalten gegen die Licht-Wärmestrahlen den optischen Medien des Auges ähnlich sind.

---

## VI. Ueber die Wirkung einiger Blitzschläge in Freiberger Gruben; von F. Reich.

---

1) Am Spätabend des 28. März 1845 entlud sich in der Umgegend von Freiberg ein Gewitter, wobei zwischen 10 und 11 Uhr ein Blitzschlag das Treibehaus des

Röschenschachtes der Grube Bescheert Glück, und zwar ohne Zweifel den dortigen Blitzableiter traf. Der bei der Ausförderung der Tonne beschäftigte Arbeiter sah das Innere des Hauses hell erleuchtet, hörte den heftigen Donnerschlag, bemerkte aber auch zugleich, daß das Feuer des Blitzes an dem Signaldrahte, einem dicken eisernen Drahte, der zur Angabe der bei der Förderung nöthigen Zeichen dient, in den Schacht hineinfuhr, worauf er die Fördermaschine durch den Brems anhielt, bis er sich überzeugete, daß weiter nichts vorgefallen sey. Auf der sechsten Gezeugstrecke in demselben Schachte, 1182 Dresdner Fufs in geneigter Richtung unter der Oberfläche, befand sich der die Füllung der Treibetonne besorgende Arbeiter. Derselbe sah an dem schon genannten Signaldrahte, den er hier von seiner tieferen Fortsetzung abgehangen und mit einem hölzernen Knebel verschon hatte, eine helle Erleuchtung, die am Ende davon absprang, wobei sie eine heftige, einem Schusse ähnliche Explosion hervorbrachte, ohne jedoch sonst eine Wirkung zu hinterlassen, und ohne daß der Arbeiter eine Empfindung oder einen besonderen Geruch wahrgenommen hat. — Zu bemerken ist noch, daß die auf dem Forste des Hauses hingehende Blitzableitung nahe neben dem sogenannten Wächter, einer Glocke, die von dem unterirdisch hängenden Wasserrade durch einen Metalldraht bei jedem Umgange angeschlagen wird, vorbeiführt; daß aber dieser Wächterdraht weiter unten in die Nähe des mehrerwähnten Signaldrahtes kommt. — Letzterer ist übrigens ohne Unterbrechung in den Schacht hineingeleitet, steht aber mit der immer sehr nassen Zimmerung mehrfach durch eiserne Bankeisen in Verbindung. — Ist die ganze Erscheinung auch sehr erklärlich, so scheint es doch immer bemerkenswerth, daß die Wirkung des Blitzes sich auf so bedeutende Tiefe unter die Oberfläche in einem völlig feuchten Schachte fortpflanzen konnte.

2) Bei dieser Gelegenheit wurde ich durch Hrn. Geschwornen Franke auf die in Lempe's Magazin, Bd. 5, S. 150, enthaltene Beschreibung eines in der Grube verspürten Blitzschlages aufmerksam gemacht. Derselbe fand am 16. Juni 1787 Vormittags gegen 11 Uhr, und zwar in dem nämlichen Schachte der Grube Bescheert Glück, wie der obige, statt. Acht in dem Schachte befindliche Arbeiter sahen das Feuer an demselben Signaldrahte bis zur dritten Gezeugstrecke, dem damaligen Tiefsten, niederfahren, hörten einen schwachen Schufs, und zwei davon erhielten elektrische Schläge.

3) Am merkwürdigsten erscheint aber die Wirkung eines Blitzschlages, dessen Beschreibung mir aus den Acten durch Hrn. Bergmeister Fischer mitgetheilt wurde, und die, so viel ich habe erfahren können, noch nicht veröffentlicht worden ist. Das Phänomen trug sich am 5. Juli 1799 Abends gegen 7 Uhr auf dem Berggebäude Himmelsfürst zu. Ueber Tage wurde nur ein heller Blitz gesehen und ein heftiger Schlag gehört, ohne dafs man bestimmt wufste, wo es eingeschlagen hätte. Blitzableiter waren damals nicht vorhanden, sondern wurden erst in Folge dieses Ereignisses errichtet. In der Grube befanden sich mehrere Arbeiter auf vier verschiedenen Gängen auf drei Strecken vertheilt; von ihnen erhielten zwölf Mann elektrische Schläge, und zwar theils in einem Beine, theils in einem Arme, theils im Rücken; nach Aussage Einiger in den Körpertheilen, die an dem Gesteine anlagen. Mehrere davon wurden heftig in Schrecken gesetzt, und konnten nicht fortarbeiten; von zwei neben einander arbeitenden (No. 2 und 3) glaubte Jeder, er sey von dem Andern an das Bein geschlagen worden; der den Schlag im Rücken empfand (No. 6) wurde gegen den Ortstofs geworfen, und will noch nachher einen blauen Fleck auf dem Rücken behalten haben; Einige haben einige Zeit lang Schmerzen in einem Gelenke gefühlt; sonst aber war die Wirkung ohne Folgen. — Zwei

Arbeiter fanden sich ganz nahe bei anderen getroffenen, bemerkten aber nichts.

Um das Ausserordentliche der Erscheinung ganz zu würdigen, muß man den der Anzeige darüber beigefügten Riss betrachten, von welchem in Fig. 1 Taf. III eine ungefähre Copie gegeben ist. Auf demselben ist jeder Punkt, wo sich ein Arbeiter befand, der eine Erschütterung fühlte, mit einer Nummer bezeichnet; bei No. 7 sind zwei Mann unter Einer Nummer begriffen. — Bei *a* ist die Hängebank (Erdoberflächenmündung) des Grünrosner Treibeschachtes; er führt 66 Lachter tief in geneigter Richtung bis zur zweiten Gezeugstrecke bei *b*, auf welcher man über *d* und *e* nach No. 1 gelangt; — von *e* geht der erste Beweisschacht, sehr geneigt, 25 Lachter tief bis *f* auf die dritte Gezeugstrecke, die über *g* einerseits nach No. 2, 3, 4 und (in einem Förstenbaue) 5, — andererseits nach No. 6, — endlich aber von *h* aus nach No. 7 (in einem Förstenbaue) und No. 8 führt; — auf letzterem Wege bei *i* geht der ebenfalls geneigte, 10 Lachter tiefe, zweite Beweisschacht bis halbierte Gezeugstrecke bei *k*, auf welcher man zu No. 9 und 10 gelangt. — Der erste Schacht *ab* war noch tiefer bis unter die dritte Gezeugstrecke abgesunken, und diese führt von *c* aus nach No. 11. — Die beiden Arbeiter, welche nichts empfanden, waren in der Nähe von No. 7 und No. 8.

Die verticale Tiefe der No. 9 und 10 unter der Erdoberfläche beträgt über 600 Dresdner Fufs, die horizontale Entfernung von No. 6 und 11 etwa 640 Dresdner Fufs, aber nur auf bedeutenden Umwegen durch Schächte und Strecken konnte man, wie wir gesehen haben, zu ihnen gelangen. Eine gute metallische Leitung von der Oberfläche nach den Arbeitern hin existirte nicht; eine Leitung durch die Erzmassen der Gänge ist nicht wahrscheinlich, da diese nicht ununterbrochen genug bis zur Oberfläche fortsetzen, auch der Gang, auf dem sich No. 6,

der die heftigste Erschütterung erhalten zu haben scheint, befand, nur unbedeutende Erze führt. — Hat etwa die elektrische Einwirkung durch die feuchte Oberfläche der Schächte und Strecken stattfinden können? Eine bestimmte Erklärung wage ich nicht zu geben.

VII. *Ueber ein einfaches Mittel, die Temperatur, welche durch eine Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge erzeugt wird, sehr bedeutend zu erhöhen; von C. F. Plattner in Freiberg.*

Mit einer Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge, deren Einrichtung für chemische Zwecke wir bekanntlich Berzelius verdanken, kann zwar eine so hohe Temperatur erzeugt werden, daß man selbst kleine Mengen von Silber zu schmelzen, so wie mehrere Silicate mit kohlen-saurem Natron in einem Platintiegel aufzuschmelzen vermag; es treten aber doch Fälle ein, wo man das Aufschmelzen kieselsaurer Verbindungen über einer solchen Lampe nicht mit völliger Sicherheit vornehmen kann, sobald dieselben zu strengflüssig sind oder sich überhaupt schwer aufschmelzen lassen, weil, wenn man auch den Lampendocht etwas weiter herausziehen wollte, es dann an der zur Verbrennung nöthigen atmosphärischen Luft fehlen und man eine rufsige Flamme bekommen würde. Man sieht sich daher in solchen Fällen genöthigt einen kleinen Windofen in Anspruch zu nehmen und Holzkohlen zu verbrennen, die an manchen Orten nicht immer zu haben sind.

Abgesehen davon, daß man bei einer Schmelzung im Windofen nicht im Stande ist, während der Zeit, als sich der Tiegel im Feuer befindet, die schmelzende Masse von Zeit zu Zeit zu beobachten, um sich zu überzeugen,

ob noch eine Gasentwicklung stattfindet oder nicht, so ist man auch genöthigt, entweder einen sehr geräumigen Platintiegel anzuwenden, um ein mögliches Uebersteigen zu verhüten, oder in Ermanglung eines hinreichend grossen Platintiegels, eine geringere Menge von dem Silicate zur Analyse zu nehmen, welches letztere Mittel, wenn es nicht an Material fehlt, nicht immer räthlich erscheint.

Um zu chemischen Zwecken eine hinreichend hohe Temperatur hervorzubringen, wendet Solly <sup>1)</sup> an der Stelle des Windofens einen eigens construirten Lampenofen an, der zur Verbrennung von Leuchtgas mit Sauerstoffgas so eingerichtet ist, dafs man einen Platintiegel an allen Punkten gleichmäfsig stark erhitzen kann.

Alexander von Humboldt hat schon im Jahre 1796 bei Construirung von Grubenlampen für böse Wetter <sup>2)</sup> dargethan, dafs, wenn man den vom Dochte aufsteigenden brennbaren Gasarten, die bei Anwendung von Oel gebildet werden, eine hinreichende Menge von atmosphärischer Luft mit einem entsprechenden Drucke so zuführt, dafs eine vollständige Mengung erfolgt, die Verbrennung der ersteren in kohlensäurereichen Wettern auf das Vollkommenste von Statten geht.

Erinnert man sich, wenn bei einer einfachen Spirituslampe der Docht zu weit herausgezogen ist, wie unvollkommen die gasförmig entweichenden Bestandtheile des Brennmaterials durch den Sauerstoff der freiwillig hinzutretenden atmosphärischen Luft in gasförmige Kohlensäure und Wassergas umgeändert werden, und dafs daher im Verhältnifs zur Menge des zerlegten Brennma-

1) Dessen Beschreibung eines chemischen Lampenofens im *Philosoph. Magazine*, Vol. XXVI, p. 190.

2) Alexander von Humboldt, über die unterirdischen Gasarten und die Mittel ihren Nachtheil zu vermindern. Ein Beitrag zur Physik der practischen Bergbankunde Braunschweig bei Friedrich Vieweg, 1799.



terials viel zu wenig Wärme erzeugt wird, man dagegen die Hitze bedeutend erhöhen kann, wenn man das Löthrohr zu Hülfe nimmt, was sich auch an jeder Glasbläserlampe beobachten läßt, es mag Talg, Oel oder Spiritus angewendet werden, so liegt es sehr nahe, daß sich dieses Mittel auch in dem Falle anwenden lasse, in welchem man die Hitze weniger auf einen Punkt concentriren, als auf die ganze Oberfläche eines Gegenstandes wie z. B. auf einen Platintiegel, wirken lassen will. Man braucht nur in den unteren Theil der Flamme einer Spirituslampe mit cylindrischem Dochte, durch mehrere metallene Röhren, die mit feinen Ausgangsöffnungen versehen sind, atmosphärische Luft mit mäßiger Pressung so zu leiten, daß alle Theile der vom Dochte aufsteigenden brennbaren Gasarten vollständig verbrennen können.

Ich habe mir vor einiger Zeit einen solchen Apparat für eine meiner Spirituslampen mit cylindrischem Dochte fertigen lassen, dessen Einrichtung sich aus der Zeichnung, Taf. III Fig. 2, ergibt. *a* ist eine messingene hohle Kugel, an die sich unten ein, aus zwei Stücken bestehendes, kreisförmig gebogenes Rohr *b*, ebenfalls aus Messing gefertigt, anschließt, dessen offenes Ende zur Aufnahme eines elastischen Rohres dient, welches mit einem kleinen, mit Windreservoir versehenen Blasebalg verbunden ist, der eine hinreichende Menge Wind von etwa 1 Zoll Quecksilber Pressung liefert, so daß sich der in jedem chemischen Laboratorium zum Gasblasen vorhandene Blasebalg recht gut dazu gebrauchen läßt.

Etwas über der Mitte der Kugel sind im Kreise fünf konische messingene Röhren *ccccc* eingelöthet, die von der Kugel aus so gebogen sind, daß das geradauslaufende Ende einer jeden derselben mit der Axenlinie der cylindrischen Dille für den Docht, einen Winkel von ungefähr  $12^{\circ}$  bildet, und das Ende selbst von der Aufsen-

seite der Dille nur einen geringen Abstand hat. Die Ausgangsöffnungen der fünf Röhren sind so weit, daß man bequem mit einer mäsig starken Stricknadel hineinfahren und sie, wenn es nöthig seyn sollte, reinigen kann; das Ende einer solchen Röhre ist aber, wie bei einem Löthrohr, mit einer besonderen cylindrisch gebohrten Aufsteckspitze versehen, deren Oeffnung nur so weit ist, daß in dieselbe eine feine Nähnael paßt.

Hr. Prof. Reich hat sich ebenfalls einen solchen Apparat fertigen, an demselben jedoch noch eine sechste Röhre anbringen lassen, die genau in die Axenlinie der Lampendille fällt, um in nöthigen Fällen den Boden des Platintiegels recht stark erhitzen zu können. Diese Röhre ist aber in eine, auf die Kugel gelöthete Dille eingeschliffen, so daß sie zu jeder Zeit weggenommen und die Dille selbst mit einem Pfropfen verschlossen werden kann.

Zur Aufstellung dieses Apparats, für welchen sich der Name: *Blaserohr für Spirituslampen mit cylindrischem Dochte*, eignen dürfte, dient die Querstange *de*, welche bei *f* verlängert oder verkürzt werden kann; sie ist mit einer Dille *g* versehen, in welcher sich der ganze Apparat um seine Axe bewegen läßt.

Soll das Blaserohr in Gebrauch genommen werden, so verbindet man dasselbe mit der Stange *d*, welche für immer an dem Stativ der Lampe befestigt seyn kann, und stellt die Lampe so zwischen die fünf Röhren, daß die Enden der letzteren, oder vielmehr die Enden der Aufsteckspitzen, mit dem oberen Rand der Dille in eine Ebene fallen und alle gleichen Abstand von der Dille haben.

Nachdem man hierauf die Lampe angezündet und den Schornstein aufgesetzt hat, stellt man über letzteren den Platintiegel mit dem zu schmelzenden Gemenge wie gewöhnlich in eine Trage von mäsig starkem Platindrabt; in welcher Entfernung dieß aber geschehen müsse, richtet sich darnach, ob man eine sehr starke oder nur eine

mäßig starke Hitze erzeugen will, wozu auch der Docht mehr oder weniger herausgezogen werden muß.

Gesetzt nun, man hätte ein schwer aufzuschließendes Silicat mit kohlensaurem Natron zu schmelzen, so stellt man im Anfange den Platintiegel so, daß der Boden desselben mit dem oberen Rande des Schornsteins in eine Ebene fällt, und zieht den Docht nur so weit heraus, als es gerade nöthig ist. Läßt man jetzt die Gebläseluft in die Flamme wirken, so wird schon eine so starke Hitze erzeugt, daß die Zersetzung des Silicats durch das kohlensaure Natron beginnt, ohne daß die Masse sich sehr aufbläht, sondern in der Regel nur stark frittet. Zieht man hierauf, ohne das Blasen zu unterbrechen, den Docht etwas weiter heraus, damit sich mehr brennbare Gasarten entwickeln, und entfernt den Platintiegel etwas mehr von dem Schornstein, so entsteht um den Tiegel herum, wo die Verbrennung der brennbaren Gasarten am vollkommensten geschieht, eine Hitze, bei welcher die Masse in wenig Minuten zum Schmelzen kommt, ohne sich sehr aufzublähen, weil die an das Natron gebundene Kohlensäure schon größtentheils ausgetrieben wurde, noch ehe die Masse zum Schmelzen kam. Findet ja noch ein zu starkes Aufblähen statt, so darf man nur die Hitze wieder etwas vermindern; was sich sehr leicht bewerkstelligen läßt, sobald man den Docht etwas zurückzieht.

Wenn es darauf ankommt, eine sehr hohe Hitze zu erzeugen, so gelingt dies sehr leicht, wenn man die Lampe mit einem doppelten Dachte versieht, und zwar so, daß einer über den andern geschoben wird; es muß jedoch vorausgesetzt werden, daß die Dille auch die dazu erforderliche Weite besitzt.

Auf diese Weise kann man jede kieselsaure Verbindung mit kohlensaurem Natron vollständig aufschließen und sich überzeugen, wann die Zersetzung beendet ist, sobald man von Zeit zu Zeit den Deckel des Tie-

gels etwas lüftet, und nachsieht, ob noch Gasblasen aufsteigen oder ob die flüssige Masse sich ganz ruhig verhält. Silicate, welche Basen enthalten, die sich in dem aus Kieselsäure und Natron gebildeten Glase auflösen, bilden eine vollkommen durchsichtige flüssige Masse, so daß man den Boden des Tiegels deutlich sehen kann. Die Zeit, welche man zum Aufschließen einer kieselsauren Verbindung zu verwenden hat, ist gering; man braucht bei Anwendung von 2 Grammen der feingepulverten Substanz mit 6 Grm. völlig entwässerten kohlensauren Natrons, selten länger als 10 Minuten zu blasen. Zirkon in sehr fein gepulvertem Zustande, habe ich in einer reichlichen Viertelstunde völlig aufschließen können.

Schließlich bemerke ich noch, daß sich dieser Apparat auch zu anderen Schmelzungen in Porcellantiegeln anwenden läßt, wenn es darauf ankommt eine stärkere Hitze zu erzeugen, als man sie von einer Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge verlangen kann.

# VIII. *Nachricht über eine Quarzpseudomorphose;* *von W. Haidinger.*

Dem k. k. montanistischen Museum wurden von dem Hrn. Stadtphysikus Dr. A. M. Glückselig in Ellbogen kürzlich einige interessante Stücke verehrt, die ihres eigenthümlichen Ansehens wegen die Aufmerksamkeit des Mineralogen fesseln, wenn auch ihre Erklärung innerhalb des Kreises derjenigen liegt, welche als längst bekannte bezeichnet werden können.

Die Stücke, 6 bis 8 Zoll lang und breit, waren von dem k. k. Hrn. Gubernialrath und Kreishauptmann des Ellbogner Kreises, Freiherrn von Karg, in einem Steinbruche in der Nähe von Kupferberg in Böhmen bemerkt und aufgenommen worden. Auch mehrere andere Stücke mögen weggebracht worden seyn, aber in kleineres Format zerschlagen. Die ersten kleineren Stücke, welche ich von meinem Bruder Eugen in Ellbogen erhielt, hatten etwa das Ansehen eines Ganges von Chalcedon in stänglichem Quarz, aber mit der sonderbaren Eigenthümlichkeit, daß die Individuen auf die Chalcedonwände aufgesetzt erscheinen.

An den großen Stücken zeigte sich nun sogleich der Schlüssel zur Erklärung der Erscheinung. Obwohl nun keine Spur von kohlensaurem Kalk mehr übrig ist, so hatten doch skalenoëdrische Krystalle von Kalkspath Veranlassung zu der gegenwärtigen Austheilung von Quarzindividuen gegeben. Der Durchmesser der in ansehnlichen Drusen versammelten Kalkspathkrystalle beträgt bis über zwei Zoll, wie diess aus den symmetrisch sechsseitigen Querschnitten geschlossen werden kann, welche aber nun nicht mehr mit Kalkspath, sondern mit halbdurchsichtigen, deutlich erkennbaren Quarzindividuen er-

füllt sind. Die stängliche Structur beginnt, wie in anderen Pseudomorphosen, von der ehemaligen Oberfläche der Skalenoëder.

Ueber der Oberfläche der skalenoëdrischen Krystalle folgt eine durch die ganzen Stücke sehr gleichförmige Lage von Chalcedon, zwischen 2 und 4 Linien dick. Farbe zwischen milchweifs und smalteblau, hin und wieder mit zahlreichen kreisrunden, blutrothen Punkten besät. Ueber dieser Lage folgt wieder halbdurchsichtiger Quarz in deutlichen erkennbaren Individuen. Diese sind bis  $1\frac{1}{2}$  Zoll lang, und zum Theil in den wenig glänzenden Zusammensetzungsflächen leicht trennbar, zum Theil sind sie zerbrochen, und zeigen dann höhere Grade von Fettglanz. Die schimmernde ebene Bruchfläche des Chalcedons bietet neben den Farben auch im Glanze einen sehr auffallenden Gegensatz.

Zunächst der ursprünglichen Oberfläche der Kalkspathkrystalle bemerkt man eine deutliche rothe Färbung von Eisenoxyd, hierauf im Chalcedon selbst eine etwas durchsichtigere, daher dunkler erscheinende Linie, die jener Oberfläche entspricht. Die äufsere Oberfläche der Chalcedonlage ist abgerundet, wie man es von dem Durchschnitte einer nierförmigen Gestalt erwarten mufs. Die Fig. 19 Taf. I, welche ich dem k. k. Hrn. Hauptmünz-amts-Praktikanten E. Pöschl verdanke, stellt eines der Stücke in halber Gröfse vor. An einem kleineren Stücke setzt der Quarz deutlich gangweise durch die zerbrochene Chalcedonrinde. Hin und wieder geht der Quarz in Krystallspitzen aus. Ueber denselben sind noch abgesondert Krystallrinden von Quarz sichtbar, welche im Innern Eindrücke der Kalkspathcombination  $\frac{1}{2}R' \propto R$ , der bekannten sogenannten Zweckendrusen, zeigen.

Versuchen wir nun aus dieser Urkunde ein Fragment der Geschichte des Ganges zu entwickeln, welcher sie geliefert hat, so zeigen sich mehrere verschiedene Perioden. An unseren Stücken fehlt das Nebengestein. Der Kalkspath ist also hier das erste Glied.

Er war aber nach anderen Analogien in einer langen Zeitperiode der Ruhe auf Drusenräumen in einem Gange gebildet, und an einem Ende der Krystalle aufgewachsen. Man hätte damals schöne Kalkspathdrusen auf dem Gange angetroffen. Die Kalkspathbildung hatte aufgehört, als die Chalcedonbildung begann, indem durch veränderte Umstände die Kieselsäure aus der Umgebung ausgepreßt sich in dem vom Wasser erfüllten Gange ablagern konnte. Ohne Zweifel geschah sie gleichmäßig, und zwar von gelblicher Farbe durch Eisenoxydhydrat gefärbt, also bei niedriger Temperatur; denn die rothen Eisenoxydpunkte, die rothen Ausfüllungen der Sprünge in den Chalcedonlagen konnten sich nicht mit denselben zugleich aufbauen. Während der Chalcedonbildung blieb der Kalkspath unversehrt. Man würde um diese Periode der Gangbildung Kalkspath mit Chalcedon überzogen angetroffen haben. Diefes ist ein Bildungsfortschritt in elektro-negativer Richtung, wie man ihn so gewöhnlich auf Gängen trifft, etwa in der Aufeinanderfolge von Blende, Bleiglanz, Spatheisenstein, Kalkspath, krystallisiertem Quarz.

Aber die Bildung des Chalcedons war auch geschlossen bevor die des Quarzes begann, der nun an seiner Oberfläche und anstatt des während seiner Bildung verschwindenden Kalkspaths im Innern der Krystallräume dieses letzteren abgelagert wurde. Während dieses Vorganges zogen sich die rothen Punkte im Chalcedon zusammen, dieser zersprang hin und wieder, und es schied sich auf den feinen Klüften Eisenoxyd aus. Man kann ohne Zweifel diese Veränderung einer Erhöhung der Temperatur zuschreiben, die zugleich hinreichend war, um die Krystallisation des Quarzes zu begünstigen. Doch nimmt man in der Färbung der Quarzkrystalle wieder einen anogenen Fortschritt in der Farbe wahr, indem die letzten Absätze von Eisensäure blafs violblau gefärbt sind, und zum Theil kleinen rothen Eisensteinkugeln im Innern und an der Oberfläche zur Unterlage dienen.

Nach dem krystallisirten Quarze folgten nun wieder flache rhomboëdrische, viel kleinere Kalkspathkrystalle in kugelförmigen Gruppen. Sie dürfen wohl als das Product eines Fortschrittes in elektro-positiver Richtung angesehen werden. Aber eine neue anogene oder elektro-negative Bildung erscheint die Krystallrinde von Quarz an ihrer Oberfläche, deren Bildung zugleich die Zerstörung des Kalkspaths mit sich bringt.

Zwei Bildungen von Kalkspath, zwei von krystallinischem Quarz, eine von Quarz in verschwindenden Individuen, eine von Eisenoxyd aus Eisenoxydhydrat, zwei Perioden der Zerstörung von Kalkspath erscheinen deutlich in dem Handstücke. Man kann sie zur Uebersicht in ein Schema ordnen, in welchem die Aufeinanderfolge, der elektro-chemische Gegensatz der unmittelbar aufeinander folgenden Bildungen und die zu beobachtende Veränderung ausgedrückt sind:

- 1) Katogen. + Kalkspath in Skalenoëdern  $S_3$ .
- 2) Anogen. — Chalcedon und Eisenoxydhydrat.
- 3) Katogen. + Quarz, Eisenoxyd aus dem vorhergehenden Hydrat, Kalkspath aufgelöst.
- 4) Anogen. — Fortsetzung der Quarzkrystallisation, in der beginnenden Amethystfärbung.
- 5) Katogen. + Kalkspath, in flachen rhomboëdrischen Krystallen  $\frac{1}{2}R' \propto R$ .
- 6) Anogen. — Quarzrinde, Kalkspath aufgelöst.

Wie viel Wichtiges sollte nicht das Studium eines Ganges dieser Art gewähren, wenn man ihm die Aufmerksamkeit schenken könnte, die er verdient, nicht nur in einzelnen Bruchstücken, sondern vielmehr im Ganzen, in seiner Lage im Nebengestein, in Bezug auf den chemischen Bestand dieses, in seiner Erstreckung in's Feld und in die Teufe, um die Richtung der Ströme festzuhalten, welche vorzüglich in den Pseudomorphosen ihre unbezweifelbaren Spuren zurückgelassen haben.



IX. Ueber die vermeintliche Kenntniss der Alten vom Platin; von E. L. Schubarth.

Vor Kurzem hat Hr. Prof. Dr. Schweigger, in Halle, in einem Aufsatz<sup>1)</sup> darzuthun gesucht, dafs, wie auch schon Höfer in seiner *histoire de la chimie etc.* bemerkt hat, die Alten das Platin gekannt und verarbeitet haben, dafs unter *plumbum candidum (album)*, *χασσίτερος*, *ἡλεκτρον*, *χρυσὸς λευκός* nichts anderes als Platin zu verstehen sey. Obschon wir nun von dem gelehrten Technologen Beckmann eine technologisch-philologische Abhandlung über Zinn<sup>2)</sup> und Verzinnen besitzen, in welcher er nachzuweisen sich bemüht, dafs das Plinianische *plumbum candidum* unser Zinn, und *χασσίτερος* höchst wahrscheinlich dasselbe Metall andeute, so erlaube ich mir doch, auf Grund der Mittheilungen der Alten, die seit Jahrhunderten angenommene und von Beckmann, wie mich dünkt, sehr glücklich gerechtfertigte Meinung noch durch mehrere Thatsachen zu unterstützen, und somit die von Hrn. Schweigger vorgetragene Ansicht zu bekämpfen.

Zu diesem Ende wird es gut seyn, das 47. Kapitel des 34. Buches von Plinius<sup>3)</sup>, mit Hinweglassung einiger nicht zur Sache gehöriger Stellen, in deutscher Uebersetzung voranzuschicken, und mit erläuternden und berichtigenden Anmerkungen zu versehen.

Plinius sagt: Es giebt zwei Arten Blei, schwarzes und weisses, letzteres ist das theuerste, und wird

1) Erdmann's und Marchand's Journal für pract. Chemie, Bd. 34, S. 385.

2) Beiträge zur Geschichte der Erfindungen, Bd. 4, S. 321.

3) Ich habe mich der Ausgaben von Franz und Sillig bedient.

von den Griechen Kassiteron <sup>1)</sup> genannt. Man erzählt das Märchen, es werde von Inseln <sup>2)</sup> des atlantischen Oceans in geflochtenen, mit Leder überzogenen Fahrzeugen geholt <sup>3)</sup>. Jetzt ist es aber gewiß, daß dasselbe ein Naturproduct Portugals und Galiciens <sup>4)</sup> ist. Die Oberfläche der Erde ist dort sandig, von schwarzer Farbe, und nur durch's Gewicht entdeckt man das Erz <sup>5)</sup>. Es sind auch sehr kleine Körnchen darunter, besonders im Sande eingetrockneter Bäche. Bergeleute waschen den Sand, und man verschmelzt das dadurch abgeschiedene Erz in Oefen. Auch an Orten, wo Waschgold <sup>6)</sup> gefunden wird, zeigt sich jenes Erz, schwarze Körnchen, etwas in Helligkeit verschieden, welche vermittelt zugeleiteten Wassers ausgewaschen werden. Sie haben mit dem Golde gleiche Schwere, bleiben deshalb auch mit diesem in den Körben zurück, in denen man das Gold zu sammeln pflegt. Hierauf werden dieselben geschieden <sup>7)</sup>, und liefern in Oefen durch's Schmelzen das weisse Blei.

- 1) *κασσίτερος*, nicht *κασσίτερον*.
- 2) Sie hießen deshalb die Kassiteriden, vergl. Plinius, Buch 4, Kap. 36, und Strabo, Buch 3, Bd. I, S. 227 der Kramer'schen Ausgabe.
- 3) Vergl. auch Plinius, Buch 4, Kapit. 30.
- 4) Strabo a. a. O. — Plinius gedenkt nicht Englands, dessen Reichthum an weißem Blei schon Caesar kannte (*de bello gallico*, Buch 5, Kap. 12), ebenso Strabo a. a. O. — Diodor, Buch 5, Kap. 22, erwähnt den englischen Kassiteros, und das Vorkommen auf Gängen.
- 5) Strabo führt an, der Kassiteros komme nicht allein im Sande an der Erdoberfläche vor, sondern werde auch, in mäßiger Tiefe, gegraben, desgl. Diodor vom Kassiteros in Iberien, Buch 5, Kap. 38.
- 6) Plinius erzählt im 33. Buche, Kap. 21, die Gewinnung des Waschgoldes, und nennt solche Werke *alutatum*. An unserer Stelle steht *aluta* (*elutia*). Er erwähnt, daß in Portugal und Spanien viel Waschgold gewonnen werde.
- 7) Ich gebe der Lesart: *separantur, caminisque conflati etc.* den Vorzug, da eine Trennung im Ofen, — man hat gewöhnlich der Lesart: *separantur caminis, conflatique etc.* den Vorzug gegeben — schwerlich stattfinden würde. Gold und weißes Blei würden sich ja legiren. Auch die dritte Lesart: *separantur canistris* ist nicht zu

In Galicien giebt es kein schwarzes Blei, während das angränzende Cantabrien an diesem Ueberflus hat, auch wird aus weißem Blei kein Silber geschieden, ob schon es aus dem schwarzen gewonnen wird. Schwarzes Blei kann ohne weißem nicht verbunden (gelöthet) werden <sup>1)</sup>, und letzteres nicht ohne Oel; auch kann weißes Blei ohne schwarzem nicht verbunden werden <sup>2)</sup>. Das weiße stand zur Zeit des trojanischen Kriegs in Ansehen, wie Homer bezeugt; er nannte es Kassiteron.

Das schwarze Blei hat eine zweifache Abstammung, einmal kommt es aus seinem eigenen Erz, und zeugt nichts Fremdartiges aus sich; sodann wächst es auch mit Silber zusammen, und wird aus dem Gemisch beider Erze gewonnen. Das Metall, welches beim Verschmelzen solcher Erze zuerst aus dem Ofen fließt, heißt *stannum* (Werkblei) <sup>3)</sup>; das zweite, welches man aus diesem gewinnt, ist Silber; der Rückstand heißt *galena* (Heerd) <sup>4)</sup>. Wird dieser gefrischt, so gewinnt man schwarzes Blei (Frischblei), wobei  $\frac{2}{3}$  des Gewichts verloren gehen.

Wenn man kupferne Gefäße mit *stannum* (Werkblei) überzieht, so wird der Geschmack verbessert und der giftige Grünspan vermieden. Dabei ist es merkwürdig, daß dadurch das Gewicht derselben nicht ver-

werfen, indem wohl auch eine weitere Scheidung durch Körbchen ausgeführt werden könnte.

- 1) Vergl. Buch 33, Kap. 30, wo dieselbe Behauptung vorkommt.
- 2) Der britische Kassiteros schmilzt leichter als Blei, Aristoteles, *de mirabilibus narrationibus*, cap. 51. Der Schmelzpunkt des Bleies ist 350° C., der des reinen Zinns 240° C.
- 3) Eine Legirung von Blei mit Silber, Kupfer, Antimon, Arsenik u. a. m.
- 4) Das Wort *galena* kann nicht füglich anders als Heerd übersetzt werden, d. i. ein Gemeng von den erdigen Stoffen, aus welchen der Treibheerd gebildet wurde, und der erzeugten Bleiglätte, die sich in denselben einzieht. Gewöhnlich bedeutet das Wort *galena* Bleiglanz (Bleierz), vergl. Buch 33, Kap. 31, Buch 34, Kap. 53, wo es heißt: *est et molybdaena, quam alio loco galenam vocavimus, vena argenti plumbique communis.*

mehrt wird <sup>1)</sup>). Auch Spiegel werden daraus gefertigt; die in Brundisium <sup>2)</sup> gefertigten waren sehr geschätzt, bis silberne selbst Mägde zu gebrauchen angefangen haben.

Heut zu Tage wird durch Zusatz von  $\frac{1}{3}$  weissen Erzes <sup>3)</sup> zum Werkblei (*stannum*) weisses Blei nachgeahmt; es wird auch noch auf eine andere Weise verfälscht. Man mischt z. B. gleiche Theile schwarzes und weisses Blei, welche Legirung von Einigen silberartiges Blei (*plumb. argentarium*) genannt wird; es heisst auch dreipfündiges, wenn in dem Gemisch 2 Theile schwarzes und 1 Theil weisses sich befinden. Das Pfund davon kostet 10 Denare <sup>4)</sup>. Man bedient sich desselben zum Löthen der (bleiernen) Röhren. Unredliche setzen zum dreipfündigen gleiche Theile weisses Blei, und nennen eine solche Mischung silberähnliches Blei. Man überzieht damit was beliebt. Der Preis dieser Legirung ist 60 Denare <sup>5)</sup> für 100 Pfund. Das unversetzte weisse Blei kostet 10, das schwarze 7 Denare <sup>6)</sup>).

Das

- 1) Das soll heissen, höchst unbedeutend.
- 2) Plinius sagt Buch 33, Kap. 45, die Spiegel würden aus Werkblei und Kupfer gefertigt, was glaublicher ist, als daß sie aus erstem allein sollten dargestellt worden seyn, was viel zu weich ist, um Politur anzunehmen, auch schnell erblindet. Sollte überhaupt nicht Plinius hier das Werkblei mit Zinn verwechseln?
- 3) Das von Plinius, Buch 34, Kap. 2, erwähnte *aes candidum* (von dem es heisst: *argento nitore quam maxime accedens*) kann hier nicht gemeint seyn. Ob es eine Arseniklegirung gewesen seyn mag?
- 4) D. i. 2 Thaler 5 Silbgr., wenn 1 Denar =  $6\frac{1}{2}$  Silbgr. — Ein römisches Pfund ist = 22,4 preufs. Loth. — Ein enormer Preis.
- 5) D. i. 13 Thaler für 100 Pfund, also kostete ein römisches Pfund 3,9 Silbgr. Dieser Preis stimmt aber ganz und gar nicht mit den Preisen der Bestandtheile, denn wenn 1 Pfund weisses und 1 Pfund dreipfündiges Blei jedes 10 Denare kosten, so muß von einer Legirung beider zu gleichen Theilen das Pfund auch 10 Denare, 100 Pfund also 1000 Denare kosten, und nicht 60.
- 6) Das weisse kostete also 2 Thaler 5 Silbgr., das schwarze 1 Thaler 15 Silbgr.

Das weisse Blei ist mehr trockner, das schwarze mehr feuchter Natur; deshalb taugt auch das weisse ohne Beimischung zu keiner Sache. Silber kann z. B. damit nicht gelöthet werden, weil dasselbe eher schmilzt <sup>1)</sup>, und es wird für eine Thatsache angesehen, dafs, wenn weniger schwarzes zum weissen hinzugesetzt wird, als nothwendig ist, das Silber davon angefressen wird <sup>2)</sup>. Man überzieht auch, nach einer gallischen Erfindung, kupferne Geräthe mit weissem Blei, und letztere können dann von silbernen kaum unterschieden werden. Man nennt sie *incotilia* (verzinnte Waaren). Später hat man in der Stadt Alesia (Alise) auch Pferdegeschirr mit Silber überzogen, ebenso die Joche der Stiere. — Weisses Blei wird daran geprobt, dafs es im geschmolzenen Zustande Papier nicht durch seine Hitze, sondern vermöge seines Gewichts zerreift <sup>3)</sup>.

So weit Plinius.

Es kann darüber nicht der mindeste Zweifel erhoben werden, dafs unter *schwarzem Blei* das eigentliche *Blei* zu verstehen sey; es wurde schwarz genannt im Gegensatz von weissem Blei. Die Beschreibung des Vorkommens des Bleiglanzes mit Silber, die Gewinnung des Werkbleies, des Silbers, des Frischbleies, alles dieses spricht entschieden für obige Behauptung.

Ebenso unterliegt es keinem Zweifel, dafs *stannum*

1) Vorausgesetzt, dafs Plinius unter weissem Blei unser Zinn verstanden habe — wovon unten mehr — so sind hier zwei Irrthümer:

1) kann man Silber mit Zinn sehr gut löthen, und 2) schmilzt Zinn weit eher als Silber. Pintianus führt eine Lesart an: *quam prius liquescat argentum*; aus dem Accusativ möchte ich den Ablativ machen, und lesen: *quamquam prius liquescat argento*, dann wäre doch ein Irrthum gehoben.

2) Nach Plinius, Buch 33, Kap. 30, löthet man Silber mit Werkblei (*stannum*).

3) D. h. man kann weisses Blei in Papier eingewickelt schmelzen, denn der Schmelzpunkt desselben liegt niedrig, das Papier wird mehr durch's Gewicht zerrissen, als durch Hitze zerstört.

nicht Zinn, sondern das sogenannte *Werkblei* bedeutet, von welchem man durch's Treiben Silber scheidet, wobei Glätte und Heerd gewonnen werden, welche gefrischt Blei liefern. Dafs man kupferne Geräthe verbleien kann, ist eine Thatsache, dafs aber eine Verzinnung besser ist, kann Niemand läugnen. Dafs Plinius dieses gewußt habe, kann daraus entnommen werden, dafs er sagt: »Unredliche nehmen zum Ueberziehen eine Legirung von schwarzem und weissem Blei«, d. h. es wäre besser gewesen, weisses Blei unverfälscht anzuwenden; allein da dieses theurer ist als das schwarze, so nehmen unredliche Leute ein Gemisch beider. Das Ueberziehen mit weissem Blei kannte er sehr wohl, und bezeichnet es als eine gallische Erfindung.

Was bedeutet nun aber *weisses Blei*, *plumbum candidum* (*album*)? Alle Ausleger, Philologen wie Technologen, Chemiker, sind zeither der Meinung gewesen, dafs unter diesem Ausdruck *Zinn* zu verstehen sey, und, wie mich dünkt, mit vollem Recht, denn:

1) Noch heutiges Tages findet sich in Galicien, so wie in dem angrenzenden Portugal Zinnerz. Hoppen-sack <sup>1)</sup> bemerkt, dafs in dem Gebirge, welches aus Portugal nach Galicien zieht, zur Zeit genugsam Zinngänge bekannt seyen; 1787 fing man an, in der Nähe der Stadt Monte-de-Rey in Galicien, und in der Umgegend, auf Zinnerz zu bauen. Es finden sich Zinngrau- pen in gröfseren und kleineren Stücken <sup>2)</sup>; das Gebirge ist meist Granit. — Englands Zinnbergbau, der bedeutendste in Europa, ist zu bekannt, als dafs es nöthig wäre etwas darüber anzuführen.

2) Die Beschreibung des Erzes, aus welchem das

1) Ueber den Bergbau in Spanien. Weimar 1796.

2) Dieß stimmt mit Strabo's Erzählung überein, welcher an- giebt, dafs das Erz durch Bergbau gefördert werde, nicht an der Erdoberfläche vorkomme (τὸν δὲ κατ'ἔργον οὐκ ἐπιπολῆς εὐρίσκεισθαι, ἀλλ' ὀρύττεσθαι), a a O. S. 226 u. 227. Vergl. auch Diodor etc. vorn.

weiße Blei gewonnen wird, paßt ganz auf das Zinnerz. Es hat dasselbe eine dunkelbraune, ins Schwarze, Graue, selbst Weiße <sup>1)</sup> hinneigende Farbe, kommt häufig in abgerundeten Stücken und Körnern vor, glänzend, spec. Gewicht 6,3 bis 7,0, findet sich im Urgebirge, häufig im erhabensten Theile desselben, theils auch als Gemengtheil in manchen Felsarten, ferner auf secundären Lagerstätten in dem durch Zerstörung primitiver Felsarten entstandenen sogenannten Seifengebirge <sup>2)</sup>). G. Agricola <sup>3)</sup> führt unter den verschiedenen Methoden des Waschens von Gold und Zinnerz, eine in Portugal seiner Zeit gebräuchliche an, und beschreibt einen Ofen, zum Schmelzen des Zinnerzes, wie er dort in Anwendung war.

3) Blei löthet man mit einem Lothe aus Blei und Zinn; Plinius sagt zwar, ohne Zusatz von Zinn gelinge es nicht. Das ist nicht ganz richtig; die Bleiarbeiter löthen auch Blei mit Blei, was man Vergießen oder Löthen mit dem kalten Kolben nennt. Ueber das Löthen des Silbers mit Zinn haben wir schon vorn in der Anmerkung das Nöthige erwähnt. Uebrigens ist es ganz richtig, daß Silber vom Zinn (aber auch vom Blei) angefrassen werde.

4) Das Ueberziehen kupferner Geräthe mit Zinn, lehrt Plinius, ertheilt den letzteren ein silberartiges Ansehen. Und wenn er anführt, daß Zinn in Papier geschmolzen werden könne, so ist dieß wegen des niedrigen Schmelzpunkts desselben möglich. Aufser Zinn haben nur noch Wismuth und Tellur ähnliche niedrige Schmelztemperaturen; letztere beiden kannten die Alten nicht.

Gegen diese allgemein angenommene Meinung, das

1) *calculi nigri, paulum candore variati*, sagt Plinius.

2) *summa tellure arenosa*, sagt Plinius.

3) *De re metallica*. Basil. 1657. p. 269 seqq.

weißes Blei des Plinius sey Zinn, führt nun Schweigger, durch eine Bemerkung von Höfer, in dessen *histoire de la chimie*, veranlaßt, eine Mehrzahl von Gründen an, durch welche er darzuthun sich bemüht, es sey ein Irrthum, unter dem Ausdruck weißes Blei sey *Platin* zu verstehen. Dafür sollen sprechen: Das Vorkommen in Körnern im Flusssande mit Gold zusammen, und die Behauptung des Plinius, daß die Körner gleiche Schwere wie Gold hätten.

Allerdings ist ein Zusammenvorkommen von Zinnerz mit Gold ungewöhnlich, doch aber nicht unmöglich. Der Granit enthält nicht selten Spuren von Gold. Plinius giebt an, daß in Galicien und Portugal Gold in Seifen vorkomme, ebenso daselbst Zinnerz. Es ist wohl möglich, daß beide zusammen in einem Seifengebirge vorgekommen seyn können. In den amerikanischen und uralischen Goldseifen ist allerdings kein Zinnerz eingemengt, wohl aber Platinerz. Zudem sagt Strabo ausdrücklich, es sey ein Irrthum, das Kassiteros werde in Galicien nicht an der Oberfläche der Erde gefunden, sondern gegraben, bei den Artabrern, welche in Nordwest von Portugal wohnen, sey die Erde mit weißem Gold, Silber und Kassiteros erfüllt; solche Erde führen die Flüsse.

Platinerz <sup>1)</sup> ist in Europa heut zu Tage nirgend zu finden, weder in Spanien noch Portugal, nicht in England, wo die Zinnerze noch heute vorkommen, wie zur Zeit von Caesar, Diodor, Strabo. Auch paßt die Beschreibung der Körner, wie sie Höfer aus Plinius entnommen, *calculs noirs, variés des taches blanches*, wohl auf das äußere Ansehen des Platinerzes, stimmt

1) Daß in einem spanischen Fahlerz eine Spur Platin entdeckt worden, so wie in Frankreich in Brauneisenerz, ja selbst am Harz Spuren, beweist nichts gegen die Behauptung, da nirgend *Platinerz in Körnern*, begleitet von den bekannten fremden Metallen, gefunden worden ist.



aber, meines Erachtens, nicht genau mit den Worten des lateinischen Textes überein (vergl. vorn). Plinius will sagen: die Körner sind zwar von schwarzer, d. h. dunkler Farbe, allein einige sind mehr, die andern mindern dunkel, es waltet einige Verschiedenheit in der Farbenintensität ob. Diese Uebertragung stimmt mit dem Ansehen des Zinnsteins wohl überein.

Einen Hauptgrund, weshalb das weisse Blei Platin gewesen sey, finden Höfer und Schweigger in der Behauptung des Plinius, dafs die schwarzen Körner gleiche Schwere mit Gold haben sollen (*eadem gravitas quae auro*). Nimmt man den Ausdruck *gravitas* gleichbedeutend mit spec. Gewicht, so kann das bezügliche Erz nur Platinerz gewesen seyn, da es kein anderes Erz giebt, welches mit dem Waschgolde gleiches spec. Gewicht hätte <sup>1)</sup>). Allein unter *gravitas* ist nicht das spec. Gewicht zu verstehen, sondern im Allgemeinen das Schwerseyn im Gegensatz des Leichten. Plinius will ausdrücken: Gold und jenes schwarze Erz sind beide so schwer, dafs sie beim Verwaschen des Sandes, in welchem sie enthalten sind, sich absondern, zu Boden sinken; beide sind schwerer als Sand, und setzen sich deshalb ab. Dafs Plinius hier nicht an das spec. Gewicht denkt, überhaupt über das spec. Gewicht des Goldes keine richtigen Begriffe hat, geht aus einer Stelle im 33. Buche, Kap. 19, hervor, wo er behauptet: Gold ist vor andern Metallen weder durch sein Gewicht, noch durch seine Geschmeidigkeit (*facilitas*) ausgezeichnet, indem es in beider Beziehung vom Blei übertroffen wird. Hätte Plinius nur eine Ahnung vom wirklichen spec. Gewicht des Goldes gehabt, nur eine Wägung angestellt, so hätte er diese Behauptung nicht aufstellen können!

Unter so bewandten Umständen beweist obiger Ausdruck »*eadem gravitas*« nichts für die vorgebrachte Hy-

1) Spec. Gewicht des Platinerzes 16, ... bis 18,9, des Goldsandes 13,3 bis 18...

pothese, daß die schwarzen Körner Platinerz seyen. Und selbst wenn wir zugeben könnten, Plinius habe das Platinerz gemeint, so würde doch der Umstand, daß das Platinerz in keinem Ofenfeuer geschmolzen werden kann, dagegen streiten. Wie kann man aber Platin in Papier schmelzen, wie Blei damit löthen, wie kupferne Geschirre damit überziehen? Wie ist es möglich, daß Platin, wenn es als *ἥλεκτρον* und weißes Gold — denn diese sollen gleich *κασσίτερος* und *plumbum candidum* nichts anderes als Platin seyn — zu den theuersten, seltenen, edlen Metallen gehört, für 10 Denare das Pfund zu kaufen seyn sollte, wenn Blei 7 Denare kostete? Welche Widersprüche! Und doch behauptet Schweigger, die von Höfer gegebene Erklärung der Bedeutung von weißem Blei sey die »*einzig mögliche*«; ich erlaube mir zu behaupten, eine unmögliche! Er beschuldigt ferner die Philologen, nur ihnen sey es möglich, Worte, wie *plumbum album*, zu übersetzen, indem sie nicht darauf achten, ob alles, was von dem Dinge ausgesagt werde, zu der vorausgesetzten Natur desselben auch passe. Diese unbegründete Behauptung kann man nur zu sehr dem sehr geehrten Hrn. Verfasser selbst zurückgeben, welcher, als Naturforscher, sich hat verleiten lassen, ohne Rücksicht auf die von Plinius ausdrücklich bemerkten Eigenschaften, auf Grund einer unrichtigen Auslegung der Textworte, eine Behauptung aufzustellen, welche unbegründet genannt werden muß.

Plinius sagt, das Kassiteros des Homer sey weißes Blei, unser Zinn. Dagegen glaubt Schweigger, es sey Platin darunter zu verstehen, denn es müsse ein sehr seltenes, theures Metall gewesen seyn, da es neben Gold zu Zierrathen verwendet wurde, so z. B. am Harnisch des Agamemnon u. s. w., auch könne es, nach Schneider, wohl schwerlich mit Zinn gleichbedeutend genommen werden, da man aus weichem Zinn nicht wohl hätte Beinschienen verfertigen können, welche gegen den Lanzenstofs schützen sollten.

Gegen diese Einwürfe habe ich folgende Einwendungen zu machen. Da das Zinn weit hergeholt wurde, sey es nun aus den oben angegebenen europäischen Ländern <sup>1)</sup>, oder aus dem Lande der Draugen, wo, nach Strabo <sup>2)</sup>, auch das weisse Blei gefunden wird, oder aus Indien <sup>3)</sup>, welches, nach Diodor <sup>4)</sup>, ebenfalls *χαλκοστροφος* (und Kupfer) erzeugt, so war es in den ältesten Zeiten gewifs sehr theuer. Bezahlen doch Völker, welche sich noch auf einer niederen Culturstufe befinden, Eisen mit Gold; hatten doch zur Zeit des trojanischen Kriegs nur die Helden und Könige eiserne Waffen, warum sollte nicht zu jener Zeit auch das Zinn einen viel höheren Werth haben, als später und heut zu Tage? Dafs Zinn zu weich gewesen sey, um daraus brauchbare Beinschienen zu verfertigen, bestreite ich. Man mufs sich freilich nicht feines englisches Zinn als Beispiel denken, sondern ein mit mancherlei fremden Metallen, als Eisen, Kupfer, Arsenik u. a. m., legirtes Zinn, wie es durch den höchst unvollkommenen metallurgischen Procefs der Alten, ohne alle Raffination, erhalten wurde. Ein solches Zinn ist mehr oder minder hart, kann selbst klingend seyn, so wie man ja auch klingendes Blei (Hartblei) hat. Deshalb sagt Plinius auch vom Zinn, seine Natur sey mehr trocken, die des Bleies feucht.

Schweigger behauptet ferner, das in den Schriften der Alten angeführte *ἤλεκτρον*, abgesehen von dem wirklichen Bernstein, sey nichts anderes als *Platin* gewesen.

Unter der Bezeichnung *Electron* kommen zwei ganz verschiedene Dinge bei den Alten vor, einmal Bernstein,

1) Wie Herodot, Buch 3, 115, Diodor von Sicilien und Strabo a. a. O. erzählen.

2) ed. Falconer, Tom. II, p. 1027.

3) Dagegen behauptet Plinius: *India neque aes neque plumbum habet.*

4) Buch 2, Kap. 36.

sodann eine Legirung von Gold und Silber, welche eine blaßgelbe Farbe <sup>1)</sup> besitzt. Was den Bernstein betrifft, so spricht sich Plinius <sup>2)</sup> darüber hinlänglich klar aus, in welcher Stelle es heist, er werde auf Inseln des nördlichen Oceans erzeugt, es sey der erhärtete Saft eines Baumes vom Geschlecht der Nadelbölzer u. s. w. Er gedenkt auch der Eigenschaft desselben, erwärmt leichte Körper anzuziehen. Zweitens bezeichnet Electron eine Legirung von Gold und Silber. Plinius <sup>3)</sup> sagt vom natürlichen Golde, wenn es den fünften Theil Silber enthält, nennt man es Electron; man fertigt auch absichtlich eine solche Verbindung aus Gold und Silber. Ferner <sup>4)</sup>: Man hat dem Golde Silber zugeschmolzen, um Electron zu fertigen. Das Electron wurde zu Gefäßen <sup>5)</sup>, Bildsäulen <sup>6)</sup>, Münzen <sup>7)</sup> verarbeitet. Es fand sich im Sande der Flüsse, so, nach Herodot <sup>8)</sup> und Pausanias, im Eridanus, so im Sande der Flüsse und Sturzbäche Spaniens, nach Strabo <sup>9)</sup>.

Schweigger behauptet nun, weil das Electron im Sande der Flüsse vorgekommen, so könne man an kein anderes Fossil, als an Platinerz denken. Fast ohne Ausnahme alles Waschgold der Flüsse, so wie des Schuttlandes enthält Silber in sich, von 5 bis 35 Proc., so in

1) Hesychius nennt das ἤλεκτρον μέταλλον χρυσεόν, d. h. ein goldähnliches (hellgelbes) Metall.

2) Buch 37, Kap. 11 bis 13.

3) Buch 33, Kap. 23.

4) Buch 9, Kap. 65. Strabo, Buch 3, S. 225, der Kramer'schen Ausgabe. ἤλεκτρον μίγμα χρυσοῦ καὶ ἀργύρου.

5) Plinius, Buch 33 a. a. O.; ferner Trebellius Pollio *de Quieto* 14. ed. Püttmann, p. 341.

6) Pausanias, V, Kap. 12.

7) Ael. Lampridius, im Al. Severus, V. 24, p. 220, der Püttmann'schen Ausgabe, wo dieselben neben goldnen erwähnt werden.

8) Buch 3, 115, 116.

9) A. a. O. S. 224 und 225.

Südamerika, Sibirien, so in Europa, wo in früheren Zeiten viel mehr Gold in Flüssen und Gebirgen gefunden worden ist, als jetzt. Spanien war in der alten Zeit die Goldgrube Europa's. Eine Legirung von Silber mit Gold sieht, je nach der Menge des ersteren, mehr oder minder blaß messinggelb aus. 1 Silber und 4 Gold (fast 19karätig) sieht sehr hellgelb aus, 17karätiges grün (das grüne Gold der Goldarbeiter). Platin hat eine stahlgraue Farbe, kann, hinsichts der Farbe, nie mit Bernstein verglichen werden, auch wird eine absichtlich aus viel Silber und wenig Gold gefertigte Legirung nie Platinfarbe annehmen. Endlich sind die noch vorhandenen Münzen aus Electron, wirklich aus Gold und Silber bestehend, nicht von Platin, denn Platinerz ist nicht auf dem bloßen Wege der Schmelzung bearbeitbar.

Das *weiße Gold* der Alten soll endlich, nach Schweigger's Vermuthung, auch *Platin* gewesen seyn. Er führt eine Stelle aus Herodot <sup>1)</sup> an, nach welcher Krösus dem Orakel zu Delphi Platten von geläutertem und von weißem Golde geschenkt habe, von denen, bei gleicher Gröfse (sie waren 6 Palästen <sup>2)</sup> lang, 3 breit, 1 hoch), die ersteren  $1\frac{1}{2}$ , die letzteren 2 Talente wogen. Hieraus zieht er den Schlufs: dafs, da die Platten von weißem Golde mehr wogen, als die von reinem Golde, erstere von Platin gewesen seyn müssen, dessen spec. Gewicht zu dem des Goldes ungefähr wie 20 : 15, d. i.  $= 2 : 1\frac{1}{2}$  stehe.

Das *weiße Gold* der Alten ist aber nichts anderes gewesen, als was man seit Jahrtausenden bis heute so nennt, nämlich eine Legirung von Gold mit viel Silber.

1) Buch 1, 51.

2) Eine Paläste ist gleich der Breite von 4 Fingern, oder  $\frac{1}{4}$  griechischen Fufs. Dieser ist = 136,66 Par. Linien, oder 141,44 preufs. Lin., oder 0,982 preufs. Fufs. Ein attisches Talent ist = 493200 Par. Grän, oder 26,196 Kilogramme, oder 56,00726 preufs. Pfund. Boeckh.

14karätiges, mit Silber legirtes Gold (14 Theile Gold und 10 Theile Silber) sieht ganz weifs aus. Strabo <sup>1)</sup> nennt das weisse Gold silberhaltend, und giebt Galicien, das Land der Artabrer, als Fundort an. Auch in neuerer Zeit hat man analoge Legirungen gefunden, so z. B. in Norwegen zu Kongsberg, welche 28 Gold und 72 Silber enthielt (ungefähr 7 karätig). Allein alle Legirungen von Gold und Silber haben ein geringeres spec. Gewicht als reines Gold; wie ist es daher möglich, dafs die Platten von weifsem Golde mehr wiegen konnten?

Um diesen Widerspruch aufzuheben, vermuthete ein bekannter Philolog, Matthiae, es müsse an jener Stelle des Herodot statt  $1\frac{1}{2}$  für Gold,  $2\frac{1}{2}$  Talente gelesen werden, dann wäre ein der Sache entsprechendes Verhältnifs hergestellt, Gold gegen weisses Gold  $= 2\frac{1}{2} : 2 = 5 : 4$ . Schweighäuser änderte danach die Worte des Textes. Dagegen opponirt nun Schweigger, und behauptet: Platin sey gemeint, die Correction des Textes sey unbegründet.

Ueber diesen Gegenstand erlaube ich mir meine Meinung auszusprechen. Zuvörderst sey mir gestattet, auf das vorstehend Besprochene, in Betreff des Platins, Bezug nehmen zu dürfen, dafs nämlich durch nichts bewiesen ist, dafs die Alten Platin kannten, und dafs *ασσίτερος* und *plumbum album*, auch *ἤλεκτρον* nicht Platin bedeutet haben. Sodann bemerke ich, dafs, wären alle diese Ausdrücke, so wie *χρυσὸς λευκός*, gleichbedeutend, die Alten dieselben wohl nicht neben einander gebraucht haben würden. Strabo <sup>2)</sup> sagt: bei den Artabrern kommt Silber, *Kassiteros* und *weisses Gold* vor. Deutet dies nicht eine Verschiedenheit an? Ferner wie kann, selbst zugegeben, dafs die Alten das Platinerz gekannt hätten, das spec. Gewicht des geschmolzenen Metalles

1) Buch 3, Vol. I, S. 227, sagt: χρυσὸν λευκὸν ἀργυρομεγέστερον.

2) A. a. O. S. 227.

zu 20 angenommen werden? Will man denn im Ernst glauben machen, sie hätten das Platinerz durch Königswasser gelöst, niedergeschlagen, Platinschwamm dargestellt, und aus diesem das Metall durch's Zusammenschweißen gewonnen? Ferner, welche Massen Platin müßte Krösus gehabt haben, um 113 Stück Platten, 2 Talente an Gewicht, zu schenken? Ueber 114 Centner. Nun gewinnt man in Amerika jährlich etwa  $8\frac{1}{2}$ , in Sibirien an 40 Centner Platinerz, wie groß müßte im Alterthum die Platingewinnung gewesen seyn?

Ich habe mir die Mühe gegeben, nach Herodot's Angaben, und mit Zugrundelegung der Reduction der Maasse und Gewichte auf unsere Verhältnisse, eine Berechnung anzulegen, welche das Resultat ergeben hat, daß entweder die Werthbestimmungen von Palästa und Talent unrichtig sind, oder im Herodot Fehler in den Zahlenwerthen sich eingeschlichen haben.

Beträgt eine Paläste 2 Zoll 11,36 Linien preufs. (oder rheinl.), so betrug das Volum der Platten:  $6 \times 2'' 11'',36$  lang,  $3 \times 2'' 11'',36$  breit und  $1 \times 2'' 11'',36$  hoch = 460,54 Kubikzoll. Setzen wir nun das spec. Gewicht des Goldes nur zu 18,0, so müßte eine goldne Platte obiger Gröfse wiegen:  $460,54 \times 18 \times 1\frac{2}{3}$  Loth'), d. i. 316,834 preufs. Pfunde, = 5,6595 Talente, oder nahe  $5\frac{2}{3}$  Talente.

Wird das spec. Gewicht des Goldes zu 19 angesetzt — Herodot sagt ausdrücklich, das Gold sey ἀπέρθως gewesen, das heist geläutert — so kommen 334,541 preufs. Pfund, oder nahe 6 Talente (5 Talente und  $\frac{54}{5} \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{5}{9}$ ) heraus. Herodot giebt nur  $1\frac{1}{2}$  an. Die angestellte Berechnung liefert also ein fast 4 Mal größeres Resultat, als bei der Lesart  $1\frac{1}{2}$ , und ein mehr denn zweifach größeres Resultat, wenn Matthiae's Correctur angenommen wird,  $2\frac{1}{2}$  statt  $1\frac{1}{2}$  Talente.

Dürfte man den Text so abändern, wie Schweig-

1) Ein Kubikzoll destillirtes Wasser wiegt bei 15° R.  $1\frac{1}{3}$  Loth.

häuser gethan hat, welche Legirung von Gold und Silber hätten die aus weißem Gold gefertigten Platten haben müssen, um, nach Herodot, 2 Talente zu wiegen? Nach unserer Berechnung  $2\frac{1}{2} : 2 = 334,541 : x$ , also  $= 267,63$  preufs. Pfunde, oder 4,779 Talente, wenn das spec. Gewicht des Goldes zu 19 angenommen wird; wird es 18 angenommen, so beträgt das Gewicht nur 253,547 preufs. Pfunde, oder 4,527 Talente, oder nahe 4,5 Talente. Welche Legirung von Gold und Silber dürfte dieß aber dann wohl gewesen seyn? Angenommen das spec. Gewicht des Goldes sey nur 18, und das des Silbers 10, so hätte die Legirung eine spec. Dichtigkeit von 14,4 haben müssen, welches einem 15karätigen Golde ungefähr entspricht. Eine solche Legirung ist nicht mehr weiß, sondern schon etwas grünlich - weiß. ( $460,54 \times 14,4 \times 1\frac{2}{3}$  Loth  $= 253,297$  preufs. Pfund  $= 4,523$  Talent). Wäre ganz feines Gold und feines Silber zur Legirung verwendet worden, so würde dieselbe mindestens 16karätig gewesen und dann grün gefärbt seyn. Dieser Umstand macht die Vermuthung von Matthiae etwas unwahrscheinlich.

Dürfte noch ein Vorschlag gemacht werden, so könnte es wohl folgender seyn: man lasse die Gewichtsbestimmung für die goldnen Platten  $1\frac{1}{2}$  Talent, *τρία ἐμτάλαντα*, unverändert, und setze für die von weißem Golde, statt *διτάλαντα*, *τάλαντον*; dann wäre das Verhältniß  $= 1\frac{1}{2} : 1$ , oder  $= 3 : 2$ , und das spec. Gewicht der Legirung würde 12,01 seyn müssen, welches einer Mischung von etwa 28 Proc. Gold und 72 Proc. Silber entspricht, oder einem ungefähr 9karätigen Golde (unter Annahme der oben zu Grunde gelegten Voraussetzungen); bei völlig feinen Bestandtheilen würde eine Legirung von 12,0 spec. Gewicht etwa 10karätig seyn. In beiden Fällen würde die Farbe der Legirung entschieden weiß seyn. Das Gewicht würde 3,773 Talente betragen. Es verhält sich dann, unter diesen Voraussetzungen, das Gewicht der goldnen zu



den Platten aus weißem Golde  $= 5,66 : 3,77$ , d. i. nahe genug wie  $1\frac{1}{2} : 1$ .

Es scheint mir daher, aus technischen Gründen, die meiste Wahrscheinlichkeit für die letzte Vermuthung, deren Würdigung in Beziehung auf philologische Zulässigkeit ich den Männern vom Fach überlasse.

So viel geht aber wohl aus Vorstehendem hervor: daß kein zureichender Grund vorhanden ist, den Alten eine Kenntniß des Platins zuzuschreiben, und daß *plumbum candidum*, *κασσίτερος*, *ἤλεκτρον* und *χρυσὸς λευκός* nicht synonyme Benennungen für ein und dasselbe Metall gewesen sind.

X. *Ueber die Schwingungsbewegungen, welche der elektrische Strom in Körpern hervorruft;*  
von Hrn. A. de la Rive.

(*Compt. rend.* vom 28. Apr. d. J., T. XX, p. 1287. Ein Brief an Hrn. Arago.)

Am 21. März 1844, also vor länger als einem Jahr, habe ich in einer Sitzung unserer physikalisch-naturhistorischen Gesellschaft gezeigt, daß ein Stück weiches Eisen im Innern eines Schraubendrahts einen sehr deutlichen Ton giebt, wenn man es, mittelst Durchleitung eines discontinuirlichen elektrischen Stroms durch den Draht, successive magnetisirt und demagnetisirt. Dieser vor mehr als einem Jahre öffentlich angestellte Versuch, welchen ich auch Hrn. Becquerel bei seiner letzten Durchreise durch Genf zeigte, ist von Hrn. Marrian zu Birmingham gleichfalls gemacht, wie aus den Berichten englischer Journale und aus dem *L'Institut* vom 8. Jan. hervorgeht<sup>1)</sup>. In der Sitzung vom 15. Jan. d. J.

1) S. Ann. Bd. 63, S. 530. — Ich verstehe den Zweck dieser Ver-

unserer Gesellschaft theilte ich gleichfalls einige Versuche mit, aus denen hervorgeht, daß der Durchgang eines discontinuirlichen Stroms durch einen Draht oder Stab von Eisen in diesem ebenfalls sehr stark tönende Vibrationen erzeugt. Ich fügte hinzu, daß dieselbe Erscheinung, obwohl in geringerem Grade, von dem Durchgange eines discontinuirlichen Stroms durch alle anderen Metalle hervorgebracht werde. Nun finde ich in dem Aprilheft des *Electrical Magazine*, welches mir gestern zugekommen ist, daß Hr. Beatson, zu Rotherham, eine analoge Thatsache beobachtet hat; allein er begnügt sich mit einer bloßen Erwähnung derselben, ohne irgend Detail anzugeben. Ich habe in einer Abhandlung, die gegenwärtig im Druck ist, alle hier angeführte Thatsachen vereinigt, so wie noch andere hinsichtlich der Magnetisirung des weichen Eisens. Einstweilen übersende ich Ihnen diese Zeilen, die Sie hoffentlich mit Ihrer gewohnten Güte aufnehmen werden.

Auf einem Resonanzboden (*table d'harmonie*) brachte ich Drähte und Stäbe an, verschieden an Metall, an Länge und Durchmesser; die Einrichtung des Apparats erlaubte die Drähte mehr oder weniger zu spannen, wie auf einem Monochord. Jeder Stab oder Draht war so angeordnet, daß er durch die Axe einer Spule gehen konnte, die von einem dicken, mit Seide bespannenen Kupferdraht schraubenförmig umgeben war. Den mittelst eines Commutators discontinuirlich gemachten Strom liefs ich bald durch den zum Versuch genommenen Metalldraht selber gehen, bald durch den ihn umgebenden Schraubendraht. Folgendes waren die Resultate.

Bei eisernen Drähten und Stäben (*tiges*) ist der Ton fast derselbe, es mag der discontinuirliche Strom gera-

wahrung nicht recht, da es doch allgemein bekannt ist, daß der Dr. Page, zu Salem in den Vereinigten Staaten, die erste Beobachtung dieser Art bereits im J. 1837 gemacht hat. Vergl. *Biblioth. universelle* (1837), T. XI, p. 398, und Ann., Bd. 43, S. 411. P.

dezu durch sie hingehen, oder sie abwechselnd magnetisiren und demagnetisiren, indem man ihn durch den Schraubendraht leitet'). Diese Thatsache scheint zu beweisen, daß die bei der Magnetisirung stattfindende Anordnung (*l'arrangement ou le dérangement*) der Molecule dieselbe ist, welche beim Durchgang des elektrischen Stroms durch Eisen erfolgt. Diese Analogie scheint mir für die Theorie des Magnetismus nicht unwichtig zu seyn. Was den Ton betrifft, so kann ich keine bessere Idee von ihm geben, als wenn ich ihn mit dem eines Savart'schen gezahnten Rades vergleiche. Es ist mehr ein Geräusch, hervorgehend aus dem Stoß der Metalltheilchen gegen einander, als ein musikalischer Ton. Freilich hört man auch musikalische Töne, nämlich die harmonischen von demjenigen, welchen der Stab oder Draht durch Querschwingungen geben würde; aber diese entspringen aus Schwingungsbewegungen, welche das Metall erleidet, und sind kein directer Effect des elektrischen Einflusses, welchem dasselbe ausgesetzt ist. Man kann sie verschwinden machen, wenn man den schwingenden Körper mit der Hand anfaßt, ohne daß dadurch das eigentliche Geräusch aufhört.

Wenn der Eisendraht *angelassen* ist, giebt er, wenn er den elektrischen Strom leitet, einen weit stärkeren Ton, als wenn er durch Wirkung des Schraubendrahts abwechselnd magnetisirt und demagnetisirt wird. Das Umgekehrte findet bei einem *gehärteten* Draht statt. Ein *Stahldraht* dagegen giebt, den Strom leitend, nur einen sehr schwachen Strom, und unter Einfluß des durch den Schraubendraht gehenden Stroms einen weit stärkeren. Der Ton, welchen ein wohl angelassener Eisendraht bei Leitung des Stroms giebt, ist ein sehr starker, der viel

- 1) Das Ertönen des Eisens, sowohl bei Durchleitung des Stroms durch eine dünne Stange, als auch bei Magnetisirung eines röhrenförmig gekrümmten Blechstücks innerhalb des schraubenförmigen Schließdrahts der Batterie, ist hier vollkommen geglückt. Der Ton bestand aus einem anhaltenden Knistern synchron mit dem Spiel des Inversors.

P.

Aehnlichkeit hat mit dem Ton einer Thurmglöcke von weitem. Vielleicht könnte man ihn mit Vortheil bei elektrischen Telegraphen benutzen.

Die Art des Tons ist verschieden nach der Geschwindigkeit, mit welcher die discontinuirlichen Ströme einander folgen. Ist diese Folge sehr rasch, so ähnelt der Ton sehr dem Geräusch eines stark wehenden Windes. Das gilt sowohl von dem nach der einen als nach der andern Art hervorgebrachten Ton.

Derselben doppelten Wirkung habe ich ausgesetzt: *Platin-, Silber-, Kupfer-, Messing-, Argentan-, Blei-, Zinn- und Zinkdrähte*. Alle geben wahrnehmbare, mehr oder weniger intensive Töne, sie mochten den Strom leiten oder der äußeren Wirkung des schraubenförmigen Stroms ausgesetzt seyn. Bei jedem Metall war zwischen dem nach der einen und der anderen Weise erzeugten Ton kein merklicher Unterschied.

Merkwürdig ist, daß Kupfer, Messing, Platin und Argentan nur einigermaßen intensive Töne geben, so lange sie keiner merklichen Spannung ausgesetzt sind. So wie man sie ein wenig spannt, nimmt die Intensität des Tones ab, und bei starker Spannung wird sie fast Null. Genau das Umgekehrte gilt vom Blei, Zink und Zinn.

Die Länge des Drahts hat keinen Einfluß auf die Art des Tons; sie hat nur einen auf die Intensität desselben in sofern, als, bei schwächerem Strom, eine geringere Drahtlänge erforderlich ist, wenn der Ton merklich seyn soll, wenigstens wenn es sich um den Ton handelt, den der Draht bei Leitung des Stroms giebt.

Der Ton, welchen verschiedene Metalle geben, wenn sie einen discontinuirlichen elektrischen Strom leiten, scheint herzuführen von periodischen Verschiebungen der Molecule, welche eine Art Reibung derselben an einander bewirken. Zur Hervorbringung dieser Vibrationen, die übrigens eben sowohl sichtbar als fühlbar sind, bedarf es elektrischer Ströme von großer Intensität; allein es

ist

ist nicht nöthig, daß sie von Säulen von hoher Spannung herkommen. Eine Grove'sche Batterie von fünf großen Elementen reichte mir in den meisten Fällen aus. Die schlechtest leitenden Metalle schienen mir die ausgeprägtesten Wirkungen zu geben. Nach dem *Eisen*, das alle übrigen weit übertrifft, kommt das *Platin*.

Damit die Wirkung deutlich sey, muß der Strom in dem metallischen Leiter, welchen er in Schwingungen versetzen soll, einen größeren Widerstand antreffen, als in dem übrigen Theil der Kette. Daraus erhellt, daß die eben beschriebenen Erscheinungen unter allen Wirkungen des Stroms am meisten mit den Wärmeerscheinungen in Beziehung stehen. Könnte es nicht seyn, daß überhaupt der Durchgang des elektrischen Stroms durch leitende Körper eine Schwingungsbewegung wäre, und daß diese Molecularbewegungen sich, je nach den Umständen, zur Wärmeerregung, zu chemischen Zersetzungen und zu physiologischen Effecten Anlaß gäben?

Vor mehren Jahren habe ich eine Erscheinung besprochen, die mit der Erzeugung von Schwingungen im innigen Zusammenhang steht. Ich meine die Auflockerung (*désagregation*) und Fortführung von Theilchen zwischen Kohlen- oder Metallspitzen, zwischen denen der elektrische Strom in Form eines Lichtbogens übergeht. Vor zwei Jahren hatte ich die Ehre, die Academie mit den hierbei zu beobachtenden Vibrationseffecten zu unterhalten, und namentlich Hrn. Regnault den Versuch zu zeigen, bei welchem man den aus diesen Schwingungen entstehenden Ton vernimmt. Ich bemerke auch noch, daß die von Hrn. Peltier angegebene Thatsache, welche ich ebenfalls zu beobachten Gelegenheit hatte, nämlich daß Metalldrähte, die oft zur Leitung elektrischer Ströme gedient haben, spröde und brüchig werden, ihre Erklärung in solchen von dem Strom erzeugten Schwingungen findet.

Eine recht merkwürdige Art von Schwingung erhält man, wenn man den discontinuirlichen Strom durch einen mit Seide besponnenen Kupferdraht gehen läßt, der um eine Spule oder einen Glasbecher schraubenförmig aufgewickelt ist. Der Ton ist dann von viel sanfterem, weniger metallischem Klange, und zugleich weit tiefer als der, welcher durch Einfluß des Stroms auf einen gleich dicken, in die Schraube gelegten Draht hervorgebracht wird.

Die Schwingungsbewegung, die aus successiver Magnetisirung und Entmagnetisirung des weichen Eisens entsteht, kann unter sehr mannigfaltigen Formen auftreten. Als einen der sonderbarsten Fälle erwähne ich nur den, wo man in das Innere einer Spule oder eines Glases, das schraubenförmig mit einem Metalledraht umwickelt ist, sehr kleine Scheiben von sehr dünnem Eisenblech oder sehr feines Eisenfeilicht bringt. Wenn dann der continuirliche Strom den Schraubendraht durchläuft, sieht man die Scheibchen sich bewegen und in der merkwürdigsten Weise um einander drehen. Das Feilisel scheint vollkommen im Kochen zu seyn, und ist der Strom intensiv, so sprüht es, wie Wasser, in Strahlen von 3 bis 4 Centimeter Höhe auf; zugleich ist diese Bewegung des Feilsels von einem Geräusch, ähnlich dem einer siedenden Flüssigkeit, begleitet.

In meiner Abhandlung habe ich mehr andere, die Magnetisirung des weichen Eisens betreffende Thatsachen angegeben, die mir mit den herkömmlichen Ansichten schwer vereinbar erscheinen. Ich will Sie indess mit deren Auseinandersetzung verschonen und nur eine einzige hervorheben, nämlich die, daß ein sehr dünnes Blechscheibchen, selbst in einem Abstand von weniger als einem Millimeter, nicht durch die Pole (*par l'arc quelconque des pôles*) eines starken Elektromagneten von weichem Eisen angezogen wird, sobald der Durchmesser des Elektromagneten merklich größer ist als der des Scheib-

chens, und sobald dieses so gestellt ist, daß seine Mitte in Richtung der Axe des Elektromagneten liegt.

# **XI. Ueber die magnetischen Relationen und Charaktere der Metalle; von Hrn. M. Faraday.**

(*Philosoph. Magazine, Ser. III, Vol. XXVII, p. 1.*)

In zwei früheren Mittheilungen, betreffend die magnetischen Charaktere der Metalle überhaupt und die Temperaturen, bei welchen sie respective das Vermögen zur magnetischen Induction verlieren oder gewinnen <sup>1)</sup>, habe ich gesagt, daß Eisen und Nickel allein unter allen Metallen dieses Vermögen besitzen, und ich es nicht an reinem Kobalt finden könne. Diefs war ein Irrthum. Kobalt hat diese Eigenschaft mit dem Eisen und Nickel gemein, wie schon Andere gesagt haben <sup>2)</sup>. Ich habe nach dem Stück Kobalt gesucht, mit dem ich damals experimentirte und das ich für rein hielt, habe es aber nicht zu finden vermocht, und kann also nicht die Ursache meines Irrthums angeben, obgleich es nicht zu spät ist, ihn zu berichtigen.

Durch die Güte des Dr. Percy und Hrn. Askin habe ich neulich mit zwei schönen, wohlgeflossenen Stücken reinen Kobalts, die der Letztere bereitet hatte, experimentiren gekonnt. Diefs Metall wird durch Induction stark magnetisch, sowohl durch einen Magnet, als durch einen elektrischen Strom, und kann leicht dahin gebracht werden, mehr als sein eigenes Gewicht zu tragen. Gleich

1) Vergl. Ann. Bd. 37, S. 423, und Bd. 47, S. 218.

2) Diefs hatte sich auch hier vor einigen Jahren an einem von Hrn. Prof. Wöhler dargestellten Regulus von chemisch reinem Kobalt vollkommen bewährt.

dem Nickel und weichen Eisen behält es seinen Magnetismus nicht, wenn der inducirende Einfluß entfernt wird.

Es war für mich von großem Interesse zu ermitteln, bei welcher Temperatur das Kobalt sein Vermögen verlieren und ein unmagnetisches Metall werden würde. Zu meinem Erstaunen fand ich diese sehr hoch, nicht allein weit höher als beim Nickel, sondern auch weit höher als die für Eisen und Stahl erforderliche, nahe den Schmelzpunkt des Kupfers erreichend. Die für Eisen ist eine mäßige Rothgluth, und die für Nickel nur der Siedpunkt des Oels. So wie die Temperatur steigt, erhält sich die magnetische Kraft des Kobalts anscheinend ungeschwächt, bis zu einem gewissen Hitzegrad, wo sie plötzlich verschwindet, und beim Erkalten von höheren Temperaturen kommt sie eben so plötzlich wieder zum Vorschein.

Kobaltoxyd, erhalten durch Verbrennen des Metalls auf Kohle mittelst eines Stroms Sauerstoff, war zu einer Kugel geflossen und nicht magnetisch.

Nickeloxyd, heiß und kalt, ist nicht magnetisch; doch muß man sich beim Erhitzen in Acht nehmen, daß es nicht reducirt werde. Wenn es in einer Weingeistflamme erhitzt wird, besonders in deren unterem Theil, erweist es sich oft nicht magnetisch, und wird, so wie die Temperatur sinkt, magnetisch. Allein dieß entspringt aus der Reduction von ein wenig Oxyd an den Rändern oder sonst wo in der Masse, und ist eine Eigenschaft des *Metalls* bei Temperaturen über oder unter dem magnetischen Punkt.

*Mangan.* — Ein von Hrn. Thomson dargestelltes und für rein gehaltenes Stück Mangan wurde mir eingehändigt. Es enthielt eine Spur von Eisen und war sehr schwach magnetisch, wahrscheinlich nur in Folge des kleinen Eisengehalts. Vor einem Strom Sauerstoff auf Kohle verbrannte es funkensprühend einigermaßen wie Eisen, und gab ein Oxyd, das entweder als poröse weißse Masse oder als compacte, dichte, braune, in kleinen Split-



tern durchscheinende Masse erhalten werden konnte; in keinem Zustande war es aber magnetisch.

Ich erkältete nun Mangan, Chrom nebst vielen anderen Metallen und Körpern bis zur niedrigsten Temperatur, die ich durch eine in's *Vacuum* gebrachte Mischung von Aether und starrer Kohlensäure hervorbringen konnte <sup>1)</sup>. Die Temperatur betrug nicht weniger als  $-156^{\circ}$  F.; allein nicht eine dieser Substanzen nahm den magnetischen Zustand an. Folgendes ist die Liste dieser Substanzen:

Platin	Antimon	Schwefelsilber
Gold	Arsen	Schwefelzinn
Silber	Wismuth	Spath Eisenstein
Palladium	Rose's Metall	Berlinerblau
Kupfer	Spiegelmetall	Eisenvitriol
Zinn	Graphit	Calomel
Blei	Gasretortenkohle	Chlorsilber
Kadmium	Kish	Chlorblei
Zink	Orgiment	Arsenoxyd
Rhodium	Realgar	Antimonoxyd
Mangan	Schwefelantimon	Bleioxyd
Chrom	Schwefelwismuth	Wismuthoxyd
Titan	Schwefelkupfer	Zinnstein
Iridium	Schwefeleisen	Braunstein.
Osmium	Schwefelblei	

So erhellt denn, dafs unter den Metallen nur Eisen, Nickel und Kobalt magnetisch sind oder magnetisch gemacht werden können; allein das Hinzutreten des Kobalts (zum Eisen und Nickel), und noch mehr die hohe Temperatur, die zur Fortnahme der Magnetisirbarkeit desselben erforderlich ist, erhöht die Wahrscheinlichkeit <sup>2)</sup>, dafs es nur ein Temperatur-Unterschied sey, welcher diese Metalle von den übrigen unterscheidet, gleichwie er sie in ähnlicher Beziehung von einander sondert.

1) *Phil. Transact.*; 1845, p. 157, 158. — (Vergl. *Ann.* Bd. 64, S. 467.)

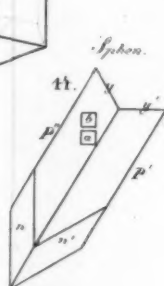
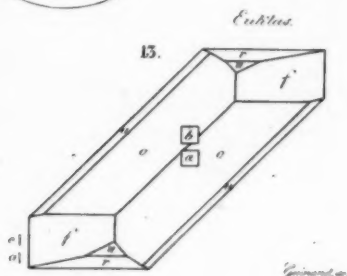
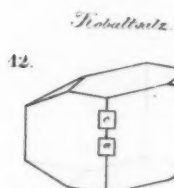
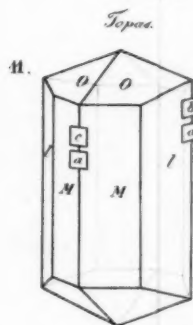
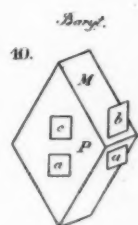
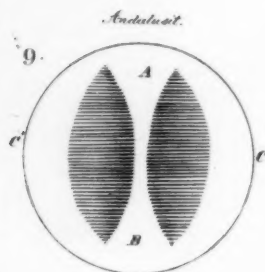
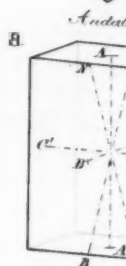
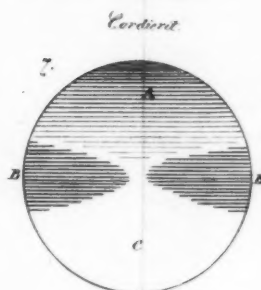
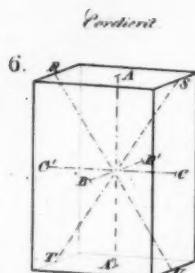
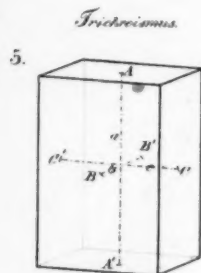
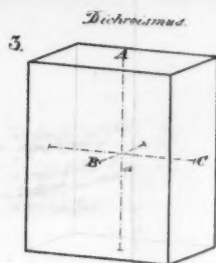
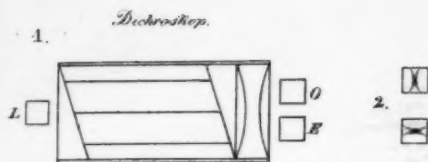
1) *Phil. Magaz.*, 1836, Vol. VIII, p. 177. (*Ann.* Bd. 37, S. 423.)

Im Zusammenhang mit der Wirkung der Hitze mag bemerkt seyn (was vielleicht schon bemerkt worden ist), dafs, bei Voraussetzung einer hohen Temperatur im Innern der Erde, offenbar schon in sehr mäfsiger Tiefe unterhalb der Oberfläche die Substanzen des Erdkörpers von solchem Magnetismus, wie ihn ein Magnet besitzt, entblöfst seyn müssen, und in einer etwas gröfseren Tiefe keine von ihnen nicht einmal wie weiches Eisen durch Induction magnetisch zu werden vermag. In solchem Fall kann die Erde, sie mag nun gleich einem Magneteisenstein für sich magnetisch seyn oder unter dem Einflufs äufserer magnetischer Massen, wie die Sonne, durch Induction magnetisch werden, ihre Magnetkraft nur in ihrer Kruste entwickeln. Nimmt man dagegen mit Ampère an, der Magnetismus der Erde entspringe aus elektrischen Strömen, die sie parallel mit dem Aequator umkreisen, so werden die obigen Bemerkungen in Betreff der Wärmewirkungen nicht mehr anwendbar seyn.

## XII. *Veränderungen an metallischen Stromleitern.*

**H**r. Peltier will beobachtet haben, dafs lange Schließdrähte einer galvanischen Kette, die in der Luft horizontal ausgespannt waren, und geraume Zeit den Einflüssen der Jahreszeiten, der Witterung und des elektrischen Stroms ausgesetzt blieben, spröde und brüchig wurden. Kupferdrähte mußte er aus diesem Grunde nach zwei Jahren erneuen, versilberte Drähte hatten nicht besseren Bestand, und Messingdrähte zerrissen schon nach sechs Monaten. Gegen äufsere Einflüsse geschützt, hielten die Drähte sich länger geschmeidig, wurden aber doch auf die Länge durch den anhaltenden Strom brüchig. (*Compt. rend., T. XX, p. 62.*)

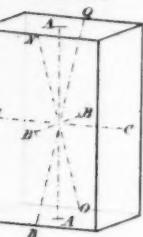




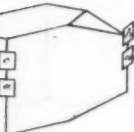
*Amethyst.*



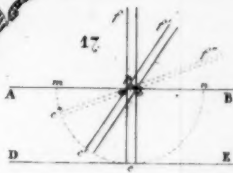
*Andalusite.*



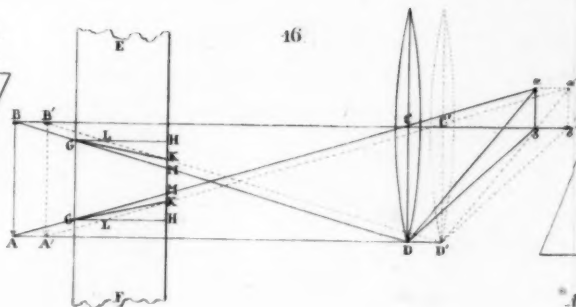
*Calcite.*



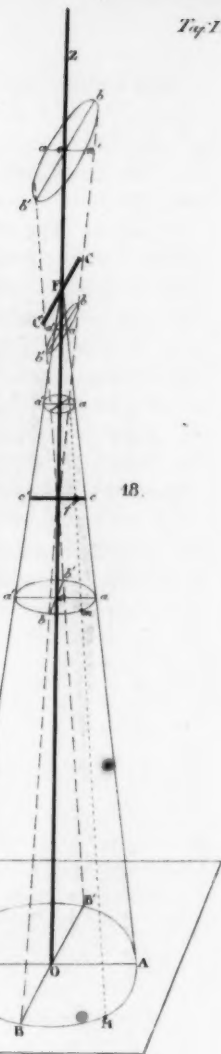
*Sphen.*



16



*Fig. 1*



*Ann. et Phys. vol. 65. Pl. 1.*

